

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

Organ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie,
Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.

Jahrgang 2004, Heft 2

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies

Schriftleiter:
Dr. rer.nat. Carsten Jürgens und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

Redaktionsbeirat (Editorial Board): Clement Atzberger, Ralf Bill, Eberhard Gülch,
Christian Heipke, Barbara Koch, Hans-Gerd Maas, Jochen Schiewe, Matthäus Schilcher
und Monika Sester



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2004



Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung
und Geoinformation (DGPF) e.V.
Gegründet 1909

Die *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation* (DGPF) e.V. unterstützt als Mitglieds- bzw. Trägergesellschaft die folgenden Dachverbände:



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



Alfred-Wegener-Stiftung
(AWS) zur Förderung
der Geowissenschaften

Herausgeber:

© 2004 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Ostmarkstraße 92, D-48145 Münster, e-mail: Praesident@dgpf.de
Internet: <http://www.dgpf.de>

Published by:

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3 A,
D-70176 Stuttgart. Tel.: 07 11/35 14 56-0, Fax: 07 11/35 14 56-99, e-mail: mail@schweizerbart.de
Internet: <http://www.schweizerbart.de>

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

All rights reserved including translation into foreign languages. This journal or parts thereof may not be reproduced in any form without permission from the publishers.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies, Closewitzer Str. 44, D-07743 Jena.
e-mail: Klaus.Szangolies@t-online.de

Schriftleiter: Dr. rer.nat. Carsten Jürgens, Universität Regensburg, Institut für Geographie D-93040 Regensburg, e-mail: carsten.juergens@geographie.uni-regensburg.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@lvermap.brandenburg.de

Erscheinungsweise: 7 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 108,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Anzeigenverwaltung: Dr. E. Nägele, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711/35 14 56-0; Fax: 0711/35 14 56-99.
e-mail: mail@schweizerbart.de, Internet: <http://www.schweizerbart.de>

Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstraße 59/59a, D-76227 Karlsruhe, Tel.: 0721/9440 20, Fax: 0721/9440 230, e-mail: Info@harzer.de, Internet: www.harzer.de

Printed in Germany by Tutte Druckerei GmbH, D-94121 Salzweg bei Passau

PFG – Jahrgang 2004, Heft 2

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

MÜLLENHOFF, O. & PRINZ, T.: Ausweisung ehemaliger Flussläufe anhand von multifrequenten, multipolarimetrischen SAR- und multispektralen ASTER-Daten am Beispiel des Oderbruch bei Goltzow	89
KÜHN, F., HÖRIG, B. & BUDZIAK, D.: Detecting Unstable Ground by Multisensor Remote Sensing	101
HERRERA, B., KLEINN, C., KOCH, B. & DEES, M.: Automatic Classification of Trees outside Forest using an Object-driven Approach: an Application in a Costa Rican Landscape	111
GRÖGER, G., KOLBE, TH. H. & PLÜMER, L.: Mehrskalige, multifunktionale 3D-Stadt- und Regionalmodelle	121
DEMIREL, H.: A Distinctive Conceptual Data Model for Spatial Highway Information Systems	133

Berichte und Mitteilungen

Berichte	
Photogrammetric Image Analysis (PIA'03), 17.–19. 9. 2003 in München	143
Optical 3-D Measurement Techniques VI, 22.–25. 9. 2003 in Zürich	144
Automation in der Kartographie AgA 2003, 23./24. 9. 2003 in Erfurt ...	145
Denkmäler 3D – Kolloquium, 6.–8. 11. 2003 in Essen	148
EuroSDR-Test »Building Extraction«	149
Arbeitskreise der DGPF	150
ISPRS-Informationen	
ISPRS-Kommissionen	150
ISPRS-Stiftung	153
ISPRS-Guidelines for Peer Review	154
Persönliches	
Prof. REINER SCHWEBEL zum 65. Geburtstag	156
Dr. ZARKO JAKSIC †	157
Neue Mitglieder der DGPF	158
Hochschulnachrichten	
Universität Zürich	158
HTWK Leipzig	159
Fachhochschule Stuttgart	159
Buchbesprechungen	
Benning, Wilhelm	161
Neumann, Horst	162
Vorankündigungen	163
Zum Titelbild	167
Neuerscheinungen	167

Ausweisung ehemaliger Flussläufe anhand von multifrequenten, multipolarimetrischen SAR- und multispektralen ASTER-Daten am Beispiel des Oderbruch bei Goltzow

OLIVER MÜLLENHOFF & TORSTEN PRINZ, Münster

Keywords: remote sensing, SAR, multi-frequent, multi-polarimetric, river beds, historic data, retention areas

Zusammenfassung: Langwellige Radar-Daten des E-SAR wurden hinsichtlich ihres Potentials zur Rekonstruktion von ehemaligen Flussläufen in Auengebieten analysiert und bewertet. Dabei kamen verschiedene Farbkompositen aus multifrequenten und multipolarimetrischen sowie synthetisch erzeugten Daten zum Einsatz.

Mithilfe der Radarfernerkundung und ergänzender optischer Sensoren sowie historischer Daten wurde versucht, die Verlagerungen von Wasserflächen und ihrer Nebengewässerbindungen aufzuzeigen. Dabei konnten besonders die entlang von Strömungsrinnen umgelagerten Sande, die den Uferverlauf rezenter oder ehemaliger Flussarme nachzeichnen, gut anhand der SAR-Daten identifiziert werden. Hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit der alten Flussläufe ist das Wissen um ihre Lage besonders wichtig, da die Fließbewegungen auf den vorgezeichneten Bahnen alter Flussläufe weiter funktionieren. Anhand von Bodenuntersuchungen konnten die Ergebnisse verifiziert und mit dem historischen Kartenmaterial verglichen werden. Derartige Betrachtungen können für die Planung zukünftiger Retentionsflächen von Bedeutung sein.

Summary: *Search and classification of former river courses by using multi-frequent, multi-polarized SAR- and multi-spectral ASTER data: The Oderbruch near Goltzow.* Microwave remote sensing at wavelengths ranging from 1 cm to 1 m has gained a lot in importance over the last decade since the availability of active radar imaging systems has increased for a wide range of scientific applications. Synthetic aperture radar proved to be of great benefit, due to its day and night capabilities and weather independence. In contrast, optical sensors strongly dependent on weather conditions, consequently only 10% of the data collected over Europe throughout a year proves to be usable. Long-wave multi-polarimetric radar data of the E-SAR were analyzed and evaluated regarding their potential for the reconstruction of old river courses in marsh lands by calculating false colour composites. It became clear that applied radar remote sensing combined with supplementary optical data as well as historical maps leads to a detailed reconstruction of former river beds, particularly along old river gutters now filled with sandy fluvial deposits. To estimate their hydraulic impact on groundwater movements it is particularly important to obtain field data regarding to soil type and its *in situ* characteristics. On the basis of such soil analysis the results of the remote sensing interpretation could be verified and compared with the historical data. This methods underline the importance of applied SAR remote sensing for the future establishment of new river retention areas.

1 Einleitung

In Gebieten mit starker landwirtschaftlicher Nutzung und einem hohen Grad an Vegetationsbedeckung stoßen optische Fernerkundungssysteme bei der Aufzeichnung von Informationen der oberen Bodenschichten an ihre Grenzen. Zudem sind lediglich im Durchschnitt 10% der über Europa durch optische Systeme aufgezeichneten Daten eines Jahres aufgrund der Wetterbedingungen (Bewölkung) nutzbar. Der Einsatz von aktiven Mikrowellensensoren (Radar) bietet gegenüber den passiven optischen Fernerkundungssystemen in bestimmten Bereichen deutliche Vorteile, die einen komplementären Einsatz der unterschiedlichen Sensoren nahe legen.

Im Gegensatz zu passiven Fernerkundungsverfahren, die eine Oberfläche durch Aufnahme des reflektierten Sonnenlichts oder der emittierten Wärmestrahlung abbilden, beleuchten Radarsysteme aktiv eine Szene und nehmen die an ihr gestreute Strahlung wieder auf. Die Mikrowellenfernerkundung ist damit nahezu unabhängig von Tageszeit und Wetterbedingungen. Ein zusätzlicher Informationsgewinn gegenüber den optischen Sensoren ist auf die Fähigkeit zurückzuführen, in natürliche Oberflächenmaterialien im beschränkten Maße einzudringen sowie die Oberflächenrauigkeit und den Feuchtigkeitsgehalt des streuenden Mediums widerzuspiegeln. Letztere Eigenschaft des Oberbodens spielt für die Betrachtung des Oderbruchs mittels SAR-Daten eine bedeutende Rolle.

Mit Beginn der Eindeichung der Oder vor 250 Jahren wurde die Mäanderexpansion (quer zur Hauptfließrichtung) und die Laufmigration (Verlagerung in Längsrichtung) sowie die periodischen Überflutungen und damit jegliche Sedimentation unterbunden. Das Oderbruch verlor seinen Auencharakter. Im Zuge der Trockenlegung entwickelte sich die Landwirtschaft fortwährend, während viele ehemalige Flussarme in Vergessenheit gerieten. Die zur Verfügung stehenden historischen Unterlagen (ab 1743) aus den Archiven dokumentieren zwar eine Vielzahl von Informationen zu den Gewäs-

sern im Oderbruch, zeigen jedoch nicht den Zustand vor der ersten systematischen Regulierung der Oder (1717).

Mithilfe der Radarfernerkundung und ergänzenden optischen Daten wurde versucht, die Veränderungen hinsichtlich Wasserflächen und Nebengewässern anbindungen aufzuzeigen.

2 Das Oderbruch

Das Oderbruch stellt eine deutlich begrenzte Aufweitung des mittleren Odertales zwischen Neumärkischer Hochfläche im Osten und Barnimer sowie Lebuser Platte im Westen dar (Abb. 1) und ist damit das größte geschlossene Flusspoldergebiet Deutschlands (KOFOD et al. 1997). Es erstreckt sich von Südosten nach Nordwesten auf ca. 60 km Länge bei einer Breite von etwa 12 km. Die Höhenlagen des Oderbruchbodens nimmt in Längsrichtung von Süden nach Norden von 14 m ü. NHN (bei Reitwein) bis auf 3 m ü. NHN (bei Bad Freienwalde) ab (DALCHOW & BORK 1998). Während sich das Oderbruch selbst nur wenige Meter über den Meeresspiegel erhebt, erreichen die umliegenden, zum Jungmoränengebiet gehörenden Hochflächen Höhen von über 100 m über NN, wobei die unmittelbare Stufe des Oderbruchrandes 15–40 m hoch ist.

Das gesamte Oderbruch bildete im Holozän eine Flussauenlandschaft, durch welche die Oder mäandrierte. Die periodisch auftretenden Überflutungsphasen führten zu flächenhaften Ablagerungen feinstkörniger Schwebfracht, dem so genannten Auelehm. Neben dem Auelehm treten zudem entlang von Strömungsrinnen umgelagerte Sande auf, die in Form von Dünen reliktsch erhalten oder fluviatil umgelagert wurden (MÜLLER 1992). Bisweilen bilden sie im Gelände kaum wahrnehmbare Erhöhungen, die den Uferverlauf rezenter oder ehemaliger Flussarme nachzeichnen (HRABOWSKI et al. 1983).

Die Eindeichung der Oder vor 250 Jahren unterband jegliche Sedimentation und das Bruch verlor seinen Auencharakter. Der Oder wurde durch die Umlegung in den „Neue-Oder-Canal“ östlich der Neuenha-

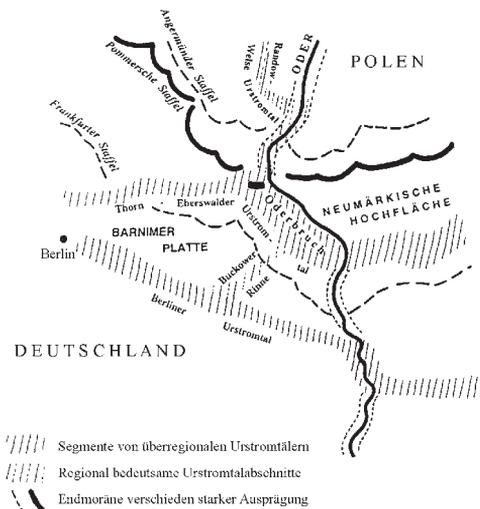


Abb. 1: Heutiger Oderverlauf im Oderbruch und seiner weiteren Umgebung mit Darstellung wichtiger Endmoränenstufen und Urstromtalabschnitte (aus DALCHOW & BORK 1998).

gener Insel ein kürzerer Abfluss verschaffen. Ferner wurde die linke Oderseite bis Hohenstaaten vollständig eingedeicht und ein umfangreiches Binnenentwässerungssystem mit Gräben angelegt. Seit der Trockenlegung des Oderbruchs entwickelte sich die Landwirtschaft fortwährend und wurde schnell zum Haupterwerbszweig der ansässigen Bevölkerung.

3 Datengrundlage

Für das Projekt standen Daten unterschiedlicher Sensoren, (historische) Kartenwerke und Geländebefunde zur Verfügung.

Der Schwerpunkt der Datenauswertung lag in der Analyse und Bewertung multifrequenter und multipolarimetrischer Radardaten vom 27. August 2002. Als Sensor diente das Experimentelle SAR-System (E-SAR) des Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR, Institut für Hochfrequenztechnik). Es kamen das kurzwellige X-Band in horizontaler Polarisation sowie die langwelligen multipolarisierten L- und P-Bänder zum Einsatz.

Panchromatische (s/w-) Luftbilder aus den Jahren 1997 und 2001 sowie CIR Luft-

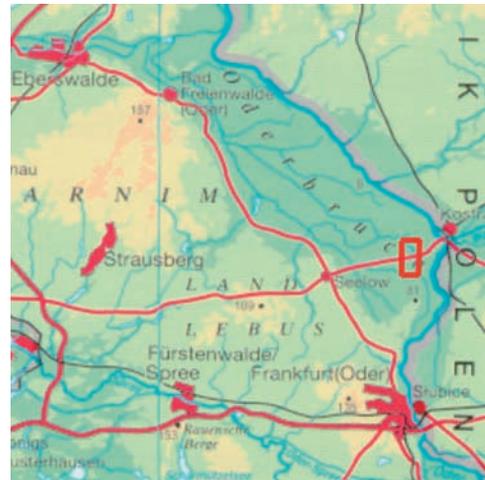


Abb. 2: Geographische Übersicht des Untersuchungsgebietes – rot umrandet (aus STACKEBRANDT 1997).

bilder, die zeitgleich mit der E-SAR Befliegungskampagne aufgenommen wurden, dienen zur Landnutzungsbestimmung.

Multispektrale Daten des ASTER-Sensor (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) vom 18. Juli 2001 wurden für die Berechnung des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) eingesetzt.

Das für die Ableitung von Reliefparameter sowie der Berechnung des Topographic Wetness-Index (TWI) verwendete Raster-DGM wurde aus Laser Scan Daten des Landesvermessungsamtes Brandenburg generiert und lag in einer Auflösung von 5 m/Pixel vor.

Die amtliche topographische Karte (TK10) diente als Basis für die Georeferenzierung der CIR Luftbilder und der historischen Karten. Zur pedologischen Interpretation des Untersuchungsraumes diente die Reichsbodenschätzung im Maßstab 1:25.000 des Landes Brandenburg von 1900. Die Situationskarte der Oder von 1745 wurde als Referenz zur Kartierung ehemaliger Wasserläufe herangezogen (Staatsarchiv Berlin).

Zur Validierung der E-SAR Daten wurden während der Befliegungskampagne auf

zuvor festgelegten Testflächen mithilfe von Stechzylindern (0–4 cm und 4–8 cm) Bodenproben erhoben. Diese wurden später nach der gravimetrischen Methode auf ihren Feuchtegehalt hin bestimmt.

4 Synthetic Aperture Radar (SAR)

Das Wort *Radar* ist abgeleitet aus dem englischen *Radio Detection and Ranging* und beschreibt die ursprüngliche Aufgabe der Lokalisierung und Entfernungsmessung von Objekten mittels Radiowellen. Das Abbildungsradarsystem mit synthetischer Apertur bietet gegenüber den herkömmlichen Radarsystemen den Vorteil einer Verbesserung der geometrischen Auflösung in Azimutrichtung. Radar-Abbildungssysteme sind aktive Systeme, die im Mikrowellenbereich des elektromagnetischen Spektrums mit Wellenlängen zwischen etwa 1 cm und 1 m operieren.

Spezielle Rückstreuereigenschaften

Mit abbildenden Radarsystemen (*Imaging Radar*) wird eine zweidimensionale Abbildung (CURLANDER & McDONOUGH 1991) des überflogenen Gebietes ermöglicht. Aus der Rückstreuung des Radarsignals können wichtige Informationen über Rauigkeit, geometrische Struktur und dielektrische Eigenschaften der Oberfläche sowie des oberflächennahen Untergrundes abgeleitet werden.

Unter identischen Rahmenbedingungen (Einfallswinkel u. Frequenz) gilt für Radarsysteme: Je rauer die Oberfläche, desto diffuser ist die Rückstreuung bzw. je glatter die Oberfläche, desto gerichteter die Reflexion. Dabei kann eine Oberfläche, die bei kurzwelligem Radar (z. B. X-Band) rau erscheint, bei größeren Wellenlängen (z. B. P-Band) Eigenschaften einer glatten Fläche aufweisen.

Die Änderung der Dielektrizitätskonstante bei Änderung des Bodenwassergehaltes führt zu einem veränderten Rückstreuverhalten des Bodens. Dabei spielt der große Unterschied der Dielektrizitätskonstante von Wasser (80) und trockenem Boden (3-8)

die entscheidende Rolle (LEWIS et al. 1998). Bei steigendem Bodenwassergehalt nimmt die Dielektrizitätskonstante zu. Die hohe Dielektrizitätskonstante von Wasser ist in der leichten Polarisierbarkeit der Wasserdipole begründet. Bei Änderung des angelegten elektrischen Feldes (Umpolung) richten sich die Dipole neu aus. Besonders die Verwendung von niedrigen Frequenzen (z. B. L- und P-Band) eignen sich, um Bodenfeuchteunterschiede zu detektieren, da die Wasserdipole genügend Zeit haben sich neu zu orientieren. Die Ausrichtung der Dipole ist somit für die Intensität der Rückstreuung entscheidend.

Die Bindung des freien Wassers ist pedologisch von der Bodentextur und Lagerungsdichte abhängig. Die freien Wassermoleküle bewirken einen Anstieg der Dielektrizitätskonstante. Tonige Böden mit großer spezifischer Oberfläche binden eine größere Menge Wasser fest an der Oberfläche als sandige Böden. Im Allgemeinen gilt: je länger die Wellenlänge, je kleiner der Einfallswinkel und je trockener das Material, desto tiefer dringt die Welle in ein Medium ein (HAJNSEK 1999, ULABY et al. 1981, 1982 und 1986).

5 Methodik

Alle zur Verfügung stehenden Daten wurden gemäß ihrer speziellen Charakteristika mittels geeigneter Software und Laboranalytik aufbereitet und innerhalb eines gemeinsamen Raumbezugssystems in einem Geographischen Informationssystem (GIS) zusammengeführt.

5.1 Datenaufbereitung E-SAR

Durch den Einsatz des kurzwelligen X-Bandes (3,1 cm) in der horizontalen Polarisation sowie der vollpolarisierten langwelligen L- (23,5 cm) und P-Bänder (68 cm) standen neun Kanäle und ihre jeweiligen Rückstreuintensitäten zur Verfügung.

Durch die statistische Analyse der neun Einzelkanäle wurde deutlich, dass jeweils die beiden Kreuzpolarisationen (HV u. VH) im L- und P-Band nahezu identische statis-

tische Parameter aufweisen. Die visuelle Analyse bestätigte dieses Ergebnis. Infolge dessen wurde zur Datenreduktion auf die jeweilige Kreuzpolarisation (VH) im L- und P-Band verzichtet. Zudem ist das P-Band in der Kreuz- und der vertikalen Polarisation durch starke Störungen gekennzeichnet. Lediglich die horizontale Polarisation des P-Bandes weist schwächere Störungen auf, so dass diese Polarisation für die weitere Analyse mit Einschränkungen genutzt werden konnte. Diese Störungen sind vermutlich auf das Systemrauschen des Sensors sowie auf TV-/Mobilfunk-, Sende- und Empfangsanlagen im Untersuchungsgebiet zurückzuführen.

Die Auswertung der Daten belegt, dass sich besonders das langwellige L-Band durch eine hohe Sensitivität für Bodenfeuchtevariationen auszeichnet, die oft auf einen Substratwechsel im Untergrund hindeuten (s. Kap. 6). Dabei unterscheidet sich das Rückstreuverhalten der Oberfläche und der oberen Bodenschichten im L_{VV} von demjenigen im L_{HH} und L_{HV} durch eine insgesamt höhere Rückstreuung. Die vertikale

Polarisation des L-Bandes zeichnet sich zudem durch einen geringeren Einfluss der Vegetation aus. Grund hierfür ist die vertikale Oberflächenstruktur der Vegetation. Sie bedingt im L_{VV} ein stärkeres Durchdringen der Vegetationsschicht und liefert mehr Informationen über dielektrische Eigenschaften des Oberbodens. Das kreuzpolarisierte L-Band zeigt eine insgesamt niedrigere Rückstreuung, da nur die depolarisierte Strahlung aufgezeichnet wird (Abb.3).

Um die Datenredundanz in den stark korrelierten Radardaten zu reduzieren, kam die Hauptkomponentenanalyse (HKA) zur Anwendung (DRURY 1993). Sie erzeugt zusätzlich einen synthetischen Sekundärdatensatz, der die Reflexion aller Kanäle enthält und es ermöglicht, übergeordnete Rückstreuvariabilitätsmuster aus verschiedenen Kanälen abzuleiten. Die höherwertigen Hauptkomponenten zeigen dabei eine Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses sowie weitere radiometrische Effekte (z. B. geringerer Speckle) und eignen sich deshalb besonders für quantitative Auswerteverfahren. Nach visuellen Kriterien erweist sich die 1. Haupt-

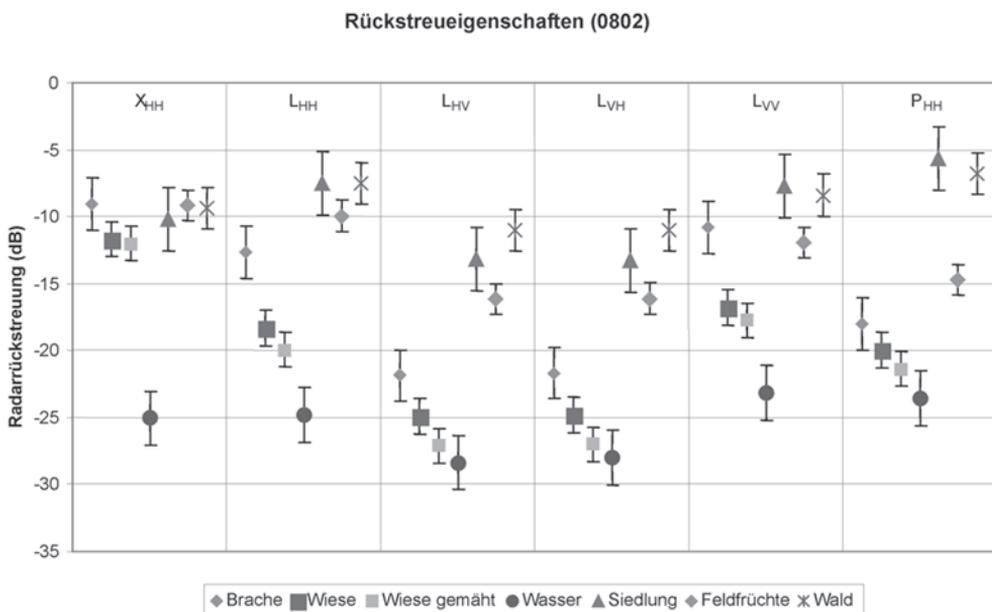


Abb. 3: Rückstreueigenschaften für das Untersuchungsgebiet (Mittelwert und Standardabweichung) in unterschiedlichen Frequenzen (X-, L- u. P-Band) und Polarisationen (HH = horizontal, HV = kreuzpolarisiert u. VV = vertikal) für verschiedene Oberflächenkategorien.

komponente aus den multipolarimetrischen L-Banddaten als nützlich für die weitere Analyse der Bilddaten zur Ausweisung ehemaliger Flussläufe bzw. ihrer Relikte.

Die zweite Hauptkomponente, die stark durch Vegetationseinflüsse geprägt ist sowie die Informationen der dritten HK, fanden in den weiteren Bildanalysen keine Anwendung.

Zusätzlich zu den Amplituden enthalten auch die Phasenverhältnisse zwischen den Polarisationen nützliche Information. Aus diesem Grund wird eine sogenannte PAULI-Dekomposition der Daten vorgenommen (REIGBER 2001). Sie ermöglicht die Zerlegung der Gesamtrückstreuung in mehrere Streuprozesse, wodurch die unterschiedlichen Streumechanismen bestimmt werden können. Die Rückstreuung lässt sich mithilfe der PAULI-Dekomposition der [S]-Matrix in drei verschiedene physikalisch interpretierbare Streumechanismen unterteilen: Zum einen in Einfachreflexionen (single bounce), in Doppelreflexionen an zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen (double bounce) und in einen Anteil, der die Rückstreuung der durch Reflexion an zwei um 45° zur Blickrichtung des Radars gedrehten Ebenen enthält (volume scattering).

Im Rahmen der Bildverarbeitung wurden aus den SAR-Daten und aus den synthetisch erzeugten Sekundärdatensätzen verschiedene Farbkompositen generiert, die Hinweise auf Substratwechsel im Oberboden liefern.

5.2 Datenaufbereitung ASTER

Die Daten des ASTER-Sensors dienen zur Generierung von Falschfarbenkompositen und zur Berechnung des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Die Kanäle ASTER-321, ermöglichen die Vegetationsanalyse, wobei zwei sichtbare (Band 1: $0.52 - 0.60 \mu\text{m}$, Band 2: $0.63 - 0.69 \mu\text{m}$) und ein Infrarotkanal (Band 3: $0.76 - 0.86 \mu\text{m}$) miteinander kombiniert werden. Vegetationslose Flächen erscheinen türkis oder grünlich, Wasser ist je nach Wassertiefe blau oder schwarz, Vegetation erscheint je nach Vitalität und Wachstum in unterschiedlichen Rottönen. Der NDVI (ROUSE et al. 1973) der die normierte Differenz der Rück-

strahlung des NIR-Bereiches gegenüber dem Rotbereich darstellt, kann zur Erfassung der Biomasse bzw. des Blattflächenindex herangezogen werden.

5.3 Digitales Geländemodell (DGM)

Aus dem Laser Scan DGM wurde der Topographische Wetness-Index (TWI) abgeleitet sowie die Geländemorphologie analysiert. Das Konzept des „Wetness-Index“ (ω) (BEVEN & KIRKBY 1979, MOORE et al. 1993) bietet eine Methode zur flächenbezogenen Vorhersage der Bodenfeuchteverteilung. Er ist eine nichtlineare Verknüpfung aus dem spezifischen Einzugsgebiet (A_s) eines Punktes und seiner lokalen Hangneigung ($\tan\beta$). Basis dieses Konzeptes ist die Annahme, dass die Geländeform die Bewegung des Wassers auch im oberen Bodenbereich bestimmt und somit über die räumliche Verteilung des Bodenfeuchtemusters entscheidet. Die Wasserleitfähigkeit des Bodens im gesättigten Zustand wird dabei für die gesamte Landschaft als konstant ($= 1$) angenommen, so dass auf die k_f -Werte des Bodens verzichtet wird. Ein konvergierendes, flaches Gelände wird durch einen hohen Index-Wert charakterisiert, während niedrige Werte steile Gebiete mit kleinem Zuflussgebiet kennzeichnen.

6 Datenanalyse

Die panchromatischen Luftbilder (Abb. 4) und die CIR-Aufnahmen wurden in einem ersten Schritt auf an der Oberfläche sichtbare Substratvariationen hin untersucht. Die so ermittelten Strukturen dienen als Referenz für die Analyse der SAR-Daten. Die Situationskarte der Oder von 1745 (Abb. 5) lieferte wichtige Hinweise bezüglich der Lage von rezenten und ehemaligen Flussarmen im Untersuchungsgebiet.

Der Vergleich der Luftbilder mit der historischen Karte ermöglicht eine Abschätzung der Veränderung hinsichtlich Wasserflächen und Nebengewässeranbindungen. Es zeigt sich, dass im Zuge der Trockenlegung des Bruchs sowie der Flurbereinigung und der landwirtschaftlichen Nutzung die



Abb. 4: Luftbild von 2001 bei Goltzow.



Abb. 5: Ausschnitt der Situationskarte der Oder (1745) bei Goltzow.



Abb. 6: E-SAR Farbkomposite L_{VV} , L_{HH} , L_{HK1} für den Untersuchungsraum bei Goltzow.



Abb. 7: E-SAR Farbkomposite L_{VV} , $L_{HH} + L_{VV}$, $2 \times L_{HV}$.

Flussarme südlich des „Goltzower Strohm“ heute nicht mehr existieren. Weiterhin fällt auf, dass die Flussarme in der Situationskarte von 1745 der Oder z. T. abrupt enden. Dieses Phänomen ist vermutlich auf die ersten Eindeichungsarbeiten zurückzuführen, die bereits 28 Jahre vor der Kartenerstellung durchgeführt wurden.

Verschiedene Farbkompositen, die aus den E-SAR-Daten generiert wurden, weisen

für den Bereich südlich des „Goltzower Strohm“ eindeutig mäanderähnliche Strukturen aus, die mit den Flussarmen aus der Situationskarte der Oder von 1745 in Verbindung gebracht werden können. Diese Strukturen lassen sich z. T. auch in den Luftbildern erkennen und sind auf einen Substratwechsel im Untergrund zurückzuführen. Den Farbkompositen in Abb. 6 und 7 liegen die Polarisationen des L-Band sowie

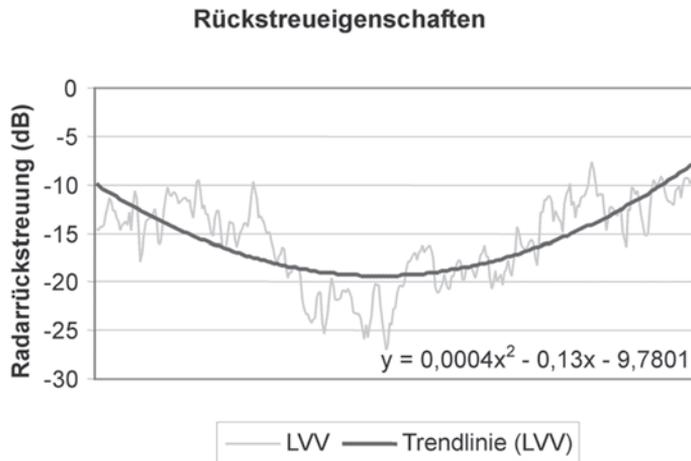


Abb. 8: Beispiel des Einfluss der fluviatilen Sedimente auf die Rückstreueigenschaften der vertikalen Polarisation des L-Bandes.

die synthetisch erzeugten Sekundärdatensätze zu Grunde. Sie geben die beschriebenen Strukturen besonders deutlich wieder und ermöglichen die Rekonstruktion des Verlaufs der abrupt endenden Flussarme aus den historischen Daten bis zum „Goltzower Strohm“.

Die mäanderähnlichen Strukturen lassen sich über verschiedene Landnutzungen hinweg erkennen und zeichnen sich durch eine besonders niedrige Rückstreuung im Vergleich zu den umliegenden Bereichen aus (Abb. 8). Der Rückgang der Radarrückstreuung in Abb. 8 geht auf die beobachteten Strukturen zurück. Die Referenzlinie ist in Abb. 7 rot gestrichelt dargestellt.

Die bodenkundlichen Untersuchungen vor Ort haben für die Bereiche mit geringer Rückstreuung trockene Sande im Untergrund ergeben. Die überlagernden Bodenschichten sind mit dem Sand durchmischt und ebenfalls trockener als die benachbarten oberen Bodenschichten, die über feuchten Auenlehm lagern. Die Variationen in der Bodenfeuchte resultieren in unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten für den Oberboden. Mit steigendem Bodenwassergehalt erhöht sich die Dielektrizitätskonstante und somit die Intensität der Rückstreuung. Eine

Ausnahme bilden glatte Oberflächen (z. B. an Wasseroberflächen), da spiegelnde Reflexionen auftreten können.

Da die Vitalität der Vegetation eng an die Feuchtigkeit des Bodens gekoppelt ist, wurde für das Untersuchungsgebiet aus den ASTER-Daten der NDVI berechnet. Der NDVI (definiert von -1 bis $+1$) ist naturgemäß für nicht eutrophe Wasserflächen -1 . Vitale, chlorophyllreiche Vegetationsflächen erreichen Werte größer 0 bis hin zu 1 . Es zeigte sich, dass Vegetation auf feuchtem Auenlehm einen höheren Index aufweist als vergleichbare Vegetation auf trockenem fluviatilen Sedimenten. Somit konnte indirekt ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der SAR-Daten und den Bodenfeuchtevariationen belegt werden. Abb. 9 zeigt einen Ausschnitt des NDVI mit der TK10 südlich des „Goltzower Strohm“, der in Abb. 6 rot umrahmt dargestellt ist. Der NDVI ist von 0 (blau) bis 1 (rot) farbkodiert dargestellt. Die Bereiche mit geringerer Vegetationsvitalität lassen sich z. T. gut mit den Ergebnissen der SAR-Daten korrelieren (schwarz gestrichelte Linie in Abb. 9).

Dieser Eindruck bestätigt sich auch vor Ort. Die Vegetation über dem Auenlehm er-

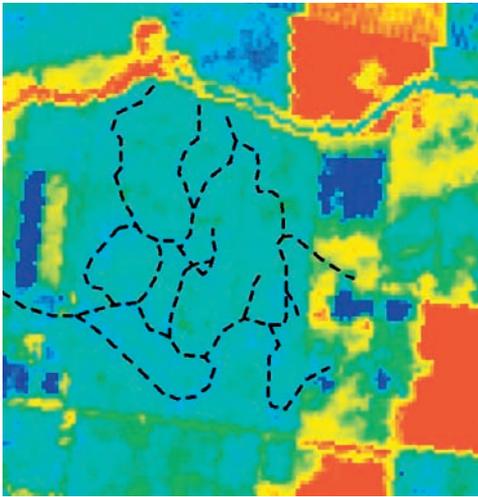


Abb. 9: Farbcodierter ASTER-NDVI für den Untersuchungsraum bei Goltzow.

scheint in einem kräftigen Grün, während sie über den fluviatilen Sedimenten blassgrün ausgeprägt ist (Abb. 10).

Für das Untersuchungsgebiet wurde aus dem DGM bzw. aus den daraus abgeleiteten Parametern Hangneigung und Fließakkumulation der Topographische Wetness Index (TWI) berechnet. Der TWI gibt einen flächenhaften Eindruck der Bodenfeuchteverteilung wieder, wobei ein höherer topographischer Index mit einem höheren Bodenwassergehalt gleichzusetzen ist.

Abb. 11 zeigt einen Ausschnitt des TWI mit der TK10 südlich des „Goltzower Strohm“, der in Abb. 6 rot umrahmt dargestellt ist. Die Bereiche mit einem hohen TWI-Index sind in dunklen Blautönen dargestellt. Der Vergleich mit den Ergebnissen der SAR-Daten (gelb gestrichelt) zeigt deutlich einen Zusammenhang zwischen niedrigen TWI-Index-Werten und den beobachteten mäanderähnlichen Strukturen. Dieser Zusammenhang spiegelt die im Gelände kaum wahrnehmbaren Erhöhungen wider, die durch die umgelagerten Sande entlang von Strömungsrinnen entstanden sind und die den Uferverlauf rezenter oder ehemaliger Flussarme nachzeichnen.



Abb. 10: Vitalitätsunterschiede innerhalb einer Getreidefläche im Untersuchungsgebiet (Mai 2001).

Ein Vergleich der aus den SAR-Daten gewonnenen Ergebnisse (Abb. 12 – blau gestrichelt) mit der Reichsbodenschätzung des Landes Brandenburg macht deutlich, dass die Rekonstruktion von ehemaligen Flussläufen nicht auf Grundlage der Reichsbodenschätzung erfolgen kann.

7 Schlussfolgerung

Die Untersuchungen belegen das hohe Potential, den der Einsatz von langwelligen multipolarimetrischen Radardaten für die Rekonstruktion von Flussläufen in Auengebieten besitzt, die im Zuge anthropogener Veränderungen in Vergessenheit geraten, aber für die zukünftige Beurteilung von Retentionsflächen wichtig sind. Besonders die entlang von Strömungsrinnen umgelagerten Sande, welche bisweilen im Gelände kaum wahrnehmbare Erhöhungen bilden und den Uferverlauf rezenter oder ehemaliger Flussarme nachzeichnen, lassen sich gut anhand von SAR-Daten erfassen. Hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit der alten Flussläufe ist das Wissen um ihre Lage besonders wichtig, da die Fließbewegungen auf den vorgezeichneten Bahnen alter Flussläufe weiter funktionieren.

Der Einsatz von multifrequenten und multipolarimetrischen SAR-Daten bietet innerhalb großflächiger Regionen die Möglichkeit einer ökonomischen Erfassung und Beurteilung ehemaliger und rezenter Fluss-

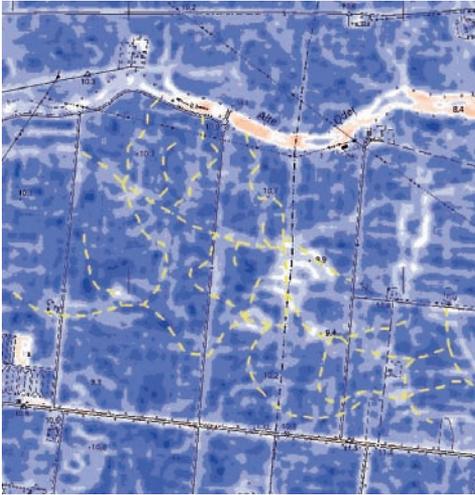


Abb. 11: Topographischer Wetness Index (TWI) bei Goltzow.

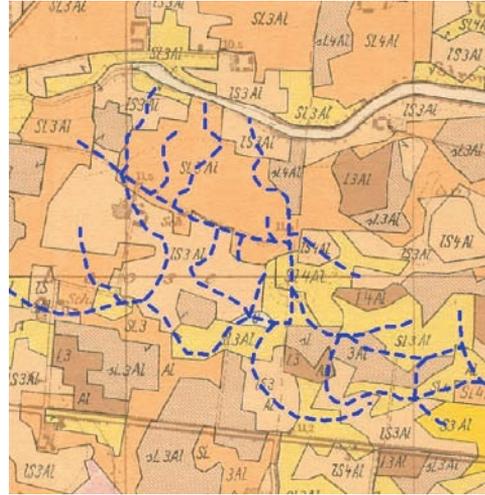


Abb. 12: Reichsbodenschätzung des Landes Brandenburg von 1903 für das Untersuchungsgebiet.

läufe in Auengebieten. Die Integration der aufbereiteten SAR-Daten in ein Geoinformationssystem (GIS) gestattet einen schnellen Abgleich der Ergebnisse mit aktuellen und historischen Daten sowie die Ausweisung rezenter oder ehemaliger Uferverläufe. Eine schnelle Auswahl von wenigen Testgebieten, in denen Geländereferenzdaten erhoben werden, wird so ermöglicht.

Danksagung

Die Autoren möchten der EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH und dem Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg (LGRB), insbesondere Dipl.-Ing. JONA KAHL und Dr. NORBERT SCHLAAK, für ihre Unterstützung und die Bereitstellung der Daten danken.

Literatur

- BEVEN, K.J. & KIRBY, M., 1979: A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology. – *Hydrological Sciences Bulletin* **24**: 43–69.
- CURLANDER, J.C. & McDONOUGH, R.N., 1991: *Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*. – Wiley, New York.
- DALCHOW, C. & BORK, H.-R., 1998: Das Oderbruch – Einführung in die Entstehungsgeschichte. – In: DARKOW, G. & BORK, H.-R. (Hrsg.): *Die Bewirtschaftung von Niederungsgebieten in Vergangenheit und Gegenwart*. – ZALF-Bericht, **34**: 13–17, 1 Abb., Münchenberg.
- DRURY, S.A., 1993: *Image Interpretation in Geology*. – 2. Aufl., 283 S., Chapman and Hall, London.
- HAINSEK, I., 1999: Pilotstudie Radarbefliegung der Elbaue. – Endbericht zum Verbundvorhaben Morphodynamik der Elbe (FKZ 0339566), FU Berlin.
- HRABOWSKI, K., JÄGER, K.-D. & LIPFERT, U., 1983: Naturräumliches Bebauungspotential und ingenieurgeologische Probleme in einer Wallnetz-Aue, dargestellt am Beispiel des unteren Oderbruchs. – In: KLIEWE, H. (Hrsg.): *Das Jungquartär und seine Nutzung*. – Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft, **282**: 225–236, 13 Abb., 1 Tab., Gotha/Leipzig.
- KOFOD, M., SCHÜRING, J., MERZ, C., LIEDHOLZ, T., SIEKMANN, I. & ISENBECK-SCHRÖTER, M., 1997: Der geochemische Einfluss von Sickerwasser aus landwirtschaftlich genutzten Flächen auf das Grundwasser im Oderbruch. – *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, **148** (3–4): 389–403, 9 Abb., 6 Tab., Stuttgart.

- LEWIS, A.J., HENDERSON, F.M. & HOLCOMB, D.W., 1998: Radar Fundamentals: The Geoscience Perspective. – In: HENDERSON, F.M. & LEWIS, A.J. (Hrsg.): Manual of Remote Sensing, Band 2: Principles and Applications of Imaging Radar, Kapitel 3. – 3. Aufl., Wiley, New York, USA.
- MOORE, I.D., GESSLER, P., NIELSEN, G. & PETERSON, G., 1993: Soil Attribute Prediction using Terrain Analysis. – Soil Science Society America Journal **57**: 443–452.
- MÜLLER, L., 1992: Die Agrarlandschaft Oderbruch; Böden, Gewässer, Nutzung. – Ein Informationsmaterial [3. Entwurf]: 104 S., 60 Abb., 33 Tab., 13 Taf., Müncheberg.
- REIGBER, A., 2001: Airborne Polarimetric SAR Tomography. – Dissertation, angefertigt am Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen, Institut für Navigation der Universität Stuttgart.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A. & DEERING, D.W., 1973: Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. – Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I: 309–317.
- STACKEBRANDT, W. (1997): Geographische Übersicht Brandenburgs. – In: EHMKE, G. & MANHENKE, V. (Hrsg.): Atlas zur Geologie von I Brandenburg im Maßstab 1 : 1.000.000. – 80 S., 10 Abb., 5 Tab., 22 Ktn., Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg, Kleinmachnow.
- ULABY, F., MOORE, R. & FUNG, A., 1981, 1982 und 1986: Microwave Remote Sensing – Vol. I: Microwave Remote Sensing fundamentals and Radiometry. Vol. II: Radar Remote Sensing and Surface Scattering and Emission Theory. Vol. III: From Theory to Applications. – Addison Wesley and Artech House.

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Geol. OLIVER MÜLLENHOFF
Geologisch-Paläontologisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Corrensstraße 24, D-48149 Münster
e-mail: mullenh@uni-muenster.de

Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. TORSTEN PRINZ, Informations-Verarbeitungs-Versorgungseinheit (IVV-FB14) Geowissenschaften, Robert-Koch-Straße 26, D-48149 Münster
e-mail: prinz@uni-muenster.de

Manuskript eingereicht: August 2003
Angenommen: November 2003

Detecting Unstable Ground by Multisensor Remote Sensing

FRIEDRICH KÜHN, BERNHARD HÖRIG & DÖRTE BUDZIAK, Hannover

Keywords: mass movement, land subsidence, satellite imagery, airborne laser scanning, aerial photography.

Summary: Underground mass movement can cause subsidence, collapse sinkholes, and landslides at the earth's surface. We have used satellite and airborne remote sensing to investigate subsidence and collapse-prone ground resulting from the dissolving of salt in the Eisleben district in the German federal state of Saxony-Anhalt. Because the electromagnetic radiation utilized by remote sensing cannot penetrate the ground, early detection of hazardous ground by remote sensing will require "diagnostic features" which can serve as surface markers of subsurface situations, and which can be recorded by satellite and airborne sensors. We have tested the extent to which surface features can indicate subsurface mass movement. Integrated processing and interpretation of high-resolution aerial photography, airborne laser scanning and satellite imagery revealed surface features that are associated with fracturing, subsidence, and weakened rocks. Analysis of data recorded by the different types of sensors produced results with less ambiguity than obtained with a single sensor.

Zusammenfassung: *Multisensor-Fernerkundung zur Untersuchung instabiler Geländebereiche.* Unterirdische Massenbewegungen können Geländeabsenkungen, Erdfälle oder auch Hangrutschungen verursachen. Flugzeug- und Satellitendaten wurden genutzt, um durch Subrosion in Steinsalz verursachte Massenbewegungen und ihre Folgen an der Geländeoberfläche zu untersuchen. Testgebiet war der Raum Eisleben in Sachsen-Anhalt. Da die von der Fernerkundung benutzte elektromagnetische Strahlung nicht in den Boden eindringen kann, müssen zur fernerkundlichen Früherkennung von gefährdeten Bereichen so genannte „diagnostische Merkmale“ herangezogen werden, welche Rückschlüsse auf die Situation im Untergrund zulassen, und von Satelliten- und Flugzeugsensoren erkannt werden können. In dieser Arbeit wurde untersucht, in wie weit unterirdische Massenbewegungen bzw. Geländeauflockerungen durch typische Oberflächenmerkmale indirekt angezeigt werden können. Durch kombinierte Verarbeitung und Interpretation von hochauflösenden Luftbildern, Flugzeug-Laser-Scanning Daten und Satellitenbildern konnten charakteristische Oberflächenmerkmale sichtbar gemacht werden, die mit einer Auflockerung oberflächennaher Gesteinsschichten und mit Geländeabsenkungen in Verbindung stehen. Die Anwendung eines Multisensoransatzes erbrachte zuverlässigere Ergebnisse als Daten eines einzelnen Sensors.

1 Introduction

The events leading to underground mass movement are various. Collapsing underground mines can lead to weakening of overlying rocks, and eventually to collapse sinkholes and land subsidence. Further rea-

sons for the occurrence of sinkholes, subsidence and landslides are collapsing cavities formed by dissolution of soluble rocks, e.g., rock salt, gypsum or limestone. Collapse sinkholes form suddenly, whereas subsidence is a slow and mostly long, continual process. In many cases, collapsing ground and

land subsidence cause severe damage to buildings and urban infrastructure. Prominent incidents in the recent past were the Lassing disaster in Austria in 1998 and a sequence of collapse sinkholes near the Federal Highway 180 south of Eisleben, Germany, in 2001 and 2002.

Especially in cases with disastrous consequences, questions about the efficiency of early warning systems arise. Traditional monitoring of collapse-prone ground uses field surveying methods that are based on testing and sampling at single points or along lines. The most frequently used observation method is ground-based levelling. Levelling provides precise subsidence rates for each observation point, but limited coverage of potential disaster areas. Moreover, the traditional ground-based investigations, such as levelling, drilling or other means of sampling, and geophysical surveying, often cannot be used because they would require entering hazardous areas, or the results are unreliable because the methods have to be applied from outside the area of investigation.

Adding remote sensing to the complex of observation methods would offer a chance to improve the early detection of subsidence and collapse-prone ground. In contrast to the limited field of view of a ground-based observer, remote sensing takes advantage of the overall-coverage of observation areas provided by satellites and airplanes. Furthermore, recording remote sensing data does not require entering the investigation area.

The Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) has been working on remote-sensing-based disaster monitoring since the mid-eighties. Selected case studies on the application of multi-sensor remote sensing for detecting unstable ground above abandoned tin, potash and lignite mines have been described (KUEHN et al. 1988, 1997, 1998 und 1999). In the previous studies, we have demonstrated how distinctive alterations of the terrain, visible in remote sensing data, can be used to detect collapse-prone ground. By combining data from different sensors, we can improve the reliability of the data interpretation. In this paper we

report on results of the detection and characterization of unstable ground caused by subsurface mass movement resulting from subrosion of rock salt.

Remote sensing utilizes electromagnetic radiation from the visible portion of the electromagnetic spectrum up to the microwave portion. Radiation in this part of the spectrum has wavelengths from about 400 nm to several decimetres, and therefore cannot penetrate the ground. The aim of the present study was to clarify to what extent surface features can indicate subsurface mass movement, and to test whether airborne and satellite sensors can be used to record and recognize such features. Early detection of hazardous ground by remote sensing will require "diagnostic features" which can serve as surface markers of subsurface situations, and which can be recorded by satellite and airborne sensors. Such diagnostic features are lineaments, fractures, small scarps, hummocky terrain and depressions, moisture anomalies and altered vegetation (PETERS 1988 and 1993, SINGHROY 1988, WATSON & KNEPPER 1994, KUEHN et al. 1988, 1997, 1998 and 1999). In most cases, mass movement starts at depths ranging from a few meters (e.g., near-surface mining, karst) to several 100 meters.

The initial stages of subsidence and collapsing ground are commonly indicated by the occurrence of very faint fractures in near-surface rocks. Minimal subsidence rates can often be observed over a relatively long period, before caving through to the surface finally forms a collapse sinkhole. In order to serve as an early-warning system, remote sensing sensors have to be able to detect subsidence and weakening of subsurface rock formations at the earliest stages, long before it can be observed at ground level.

2 Investigation Area

Fig. 1 shows a simplified scheme of the situation in our study area in the German state of Saxony-Anhalt (Eisleben area), where subsidence and collapse-prone ground are widespread. In the past, rock salt of the Zechstein domed up beneath the area of to-

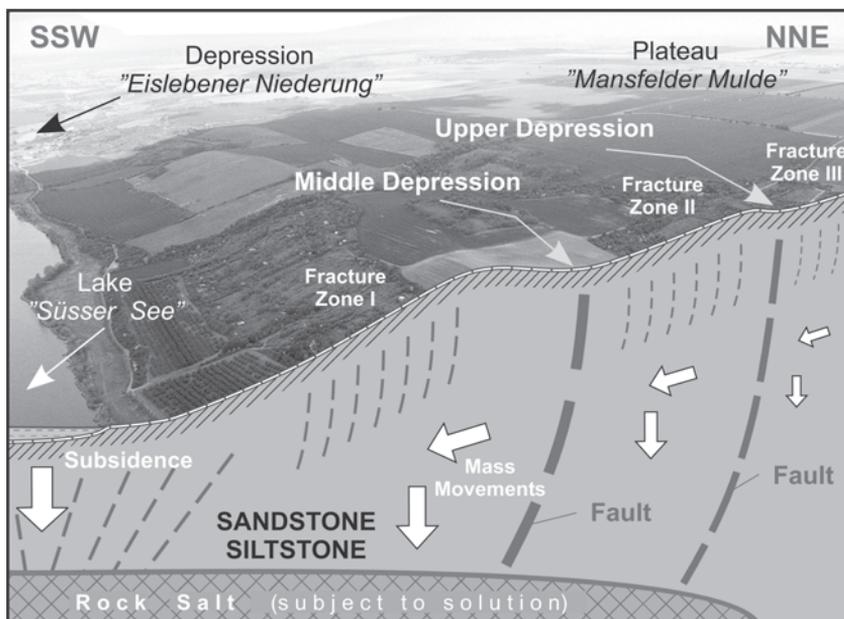


Fig. 1: Combination of an oblique aerial photograph and a simplified geological section of the study area; subsidence triggered mass movement and fracturing on the sloping ground between the „Eislebener Niederung“ subsidence area and the elevated „Mansfelder Mulde“ area (geologic section modified after v. HOYNINGEN-HUENE 1959).

day's Eislebener Niederung. Since then, fresh water influx through fractures and abandoned copper mines has been continually dissolving salt from the top of the diapir, leading to subsidence and the formation of the Eislebener Niederung depression. The Süsser See lake is also a result of subsidence. In the elevated area of the Mansfeld syncline („Mansfelder Mulde“) in the northeast, the rock salt is at greater depth than beneath the Eislebener Niederung and no dissolution and subsidence are apparent. The higher elevation of the Mansfelder Mulde area appears to be in contradiction to its name. The term refers to its structural-geologic character, before the subsidence of the adjacent Eisleben area led to relief inversion.

Between the subsidence area of the Eislebener Niederung and the elevated area of the Mansfelder Mulde, there is a tension zone. This tension field has affected the stability of the sandstones and siltstones northeast of the subsidence area. Fractures of different lengths and widths have formed

parallel to the strike of the slope between the two areas. Blocks of rock have broken off, tilted and slid slowly towards the Süsser See subsidence area. This has resulted in an intensively fractured zone about 30 km long parallel to the top of the slope (Fig. 1). Two long, narrow depressions have developed on the sloping ground above the Süsser See depression. The first one above the lake is called the „Mittlere Senke“ („Middle Depression“) and contains widely opened fissures and sinkholes (Fig. 2A). The youngest fractures, mostly still closed, are on the upper shoulder of the „Obere Senke“ („Upper Depression“) (Fig. 2B). A still older „Untere Senke“ („Lower Depression“) may have existed in the past. The fractures are grouped into Fracture Zones 1–3.

3 Remote Sensing Data

To characterize this extensively fractured area, we have chosen an integrated approach using data recorded by various sa-

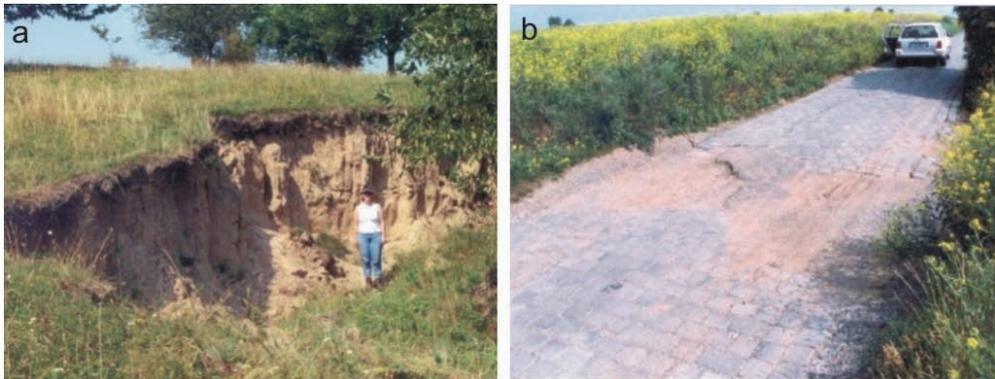


Fig. 2: Field photographs showing (a) a collapse sinkhole in fracture zone 2 and (b) fractures causing damage to a road in fracture zone 3.

tellite and airborne sensors. The following data were acquired, processed, and evaluated to determine their suitability for detecting terrain features that indicate unstable ground:

- **satellite images** (Landsat TM/7, SPOT, and IRS-1C/D) to map lineaments, moisture and vegetation anomalies, and illumination effects associated with faults and subsidence-related fracturing;
- **aerial photographs** (high-resolution stereo photographs) to map faint fractures, morphological features, moisture and vegetation anomalies;
- **airborne laser scanning (lidar) data** to recognize faint depressions and linear terrain features;
- **satellite radar data** (ERS-1/2) for interferometric SAR (InSAR) to measure subsidence rates.

In the following section, we will concentrate on data recorded by Landsat 7, Spot XS, airborne laser scanning, and on aerial photographs. The data were processed and interpreted using standard methods. The InSAR results were not satisfying in this study. We assume that this was due to the extremely small rates of subsidence and the extensive rural character of the study area, where the ground is mostly covered with vegetation.

Airborne laser scanning for high-resolution Digital Terrain Modelling (DTM) was

included to the complex observation methods in order to be able to correlate fracture features delineated in traditional stereoscopic aerial photographs and satellite images with terrain alterations identified with the help of “high-resolution” elevation data. In this way, we expected unstable ground to be detected more efficiently and at an earlier stage of development than is possible by the evaluation of traditional remote sensing data alone. Detailed information about airborne laser scanning method has been described by ACKERMANN (1999), BALTSAVIAS (1999a/b), WEHR & LOHR (1999), and others in the airborne laser scanning volume 54 of the ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing.

The laser scanning survey was flown on February 11–12, 2000, before the beginning of the growing season. This flight time was chosen in order to minimize the influence of vegetation. The study area was scanned by the laser beam on a 2.5 m × 2.5 m grid (flight altitude: 2100 m, FOV ± 11°, ground illumination cell: 70 cm). In this way, the laser scanned about 35 million ground reflection points in the 120 km² of the test area. In the derived DTM, each point is precisely characterized by its coordinates and elevation, e.g., x (easting): 4470038.31, y (northing): 5750872.45, and z (elevation): 78.47 m. For further processing, the DTM was converted from ASCII into raster format. Standard image processing was then applied to

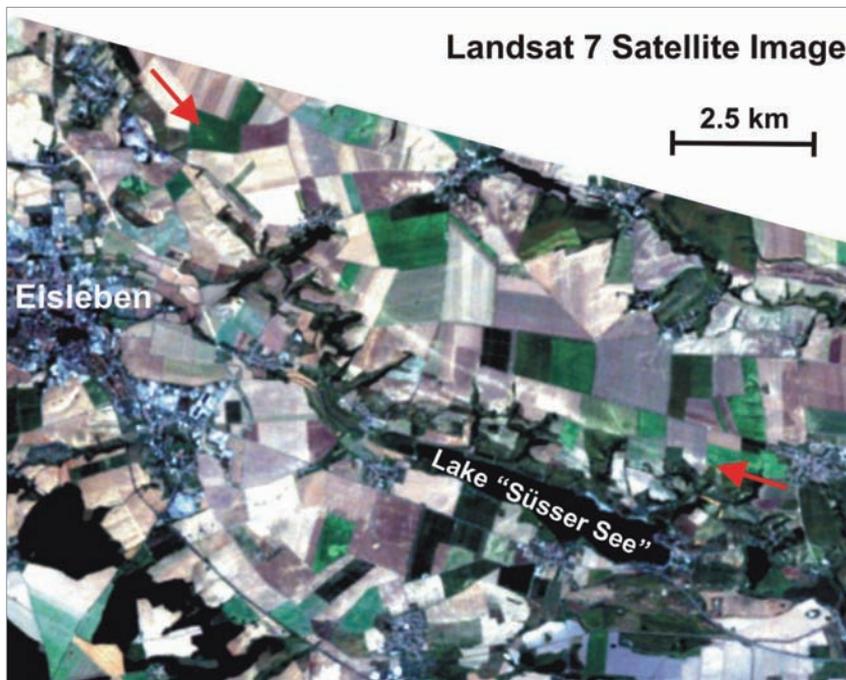


Fig. 3: Landsat 7 image from September 4, 1999, as a color composite image ETM1/red, ETM2/green, ETM3/blue, showing the study area in near-natural colors; in this image, the Upper Depression (red arrows) appears as a curvilinear feature.

enhance features that indicate depressions, fractures, landslides, etc.

The high resolution in elevation measurements is the essential gain from airborne laser scanning. However, the accuracy of the elevation measurements at any single point of the grid depended on the general surface roughness. The laser beam detects terrain alterations indicating both slightly displaced ground at fractures and faint depressions, but it also detects the plowing pattern and the natural unevenness of the surface. Digital filtering of the DTM data helped enhance features related to mass movements. It was possible to detect faintly displaced ground indicating fracturing and land subsidence with a limit of detection below 10 cm.

4 Case Studies

To demonstrate the applicability of the various remote-sensing methods we used, we have selected imagery which displays frac-

tured ground between the Eislebener Niederung subsidence area and the elevated area of the Mansfelder Mulde. We focused on the Upper Depression and Fracture Zone 3. In this area, fractures are small and mostly closed and hardly visible in the field. Therefore, this area is best suited to study the performance of satellite and airborne remote sensing for early detection of unstable ground.

Fig. 3 shows a section of the Landsat 7 image taken on September 4, 1999. The image depicts a typical rural area in central Germany, with extensive farmland and only a few small towns and villages. The Eislebener Niederung subsidence area with the Süsser See lake is visible in the lower right of the image. North of the lake, a large and prominent curvilinear feature (between the red arrows) marks the location of the Upper Depression. This feature reflects poor vegetation growth and low topsoil moisture content typical of a well drained terrain. The

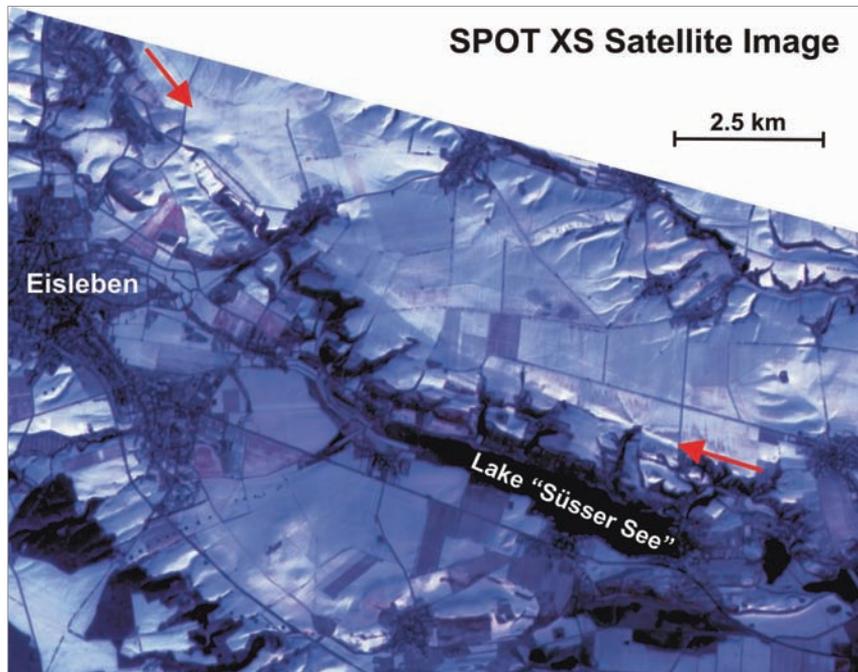


Fig. 4: Spot XS winter image from February 15, 1999, as color composite image, Band3/red, Band2/green, Band1/blue, with contrast enhancement (Gaussian); the Upper Depression is enhanced by reflections and shadows on uniformly snow-covered terrain (*red arrows*).

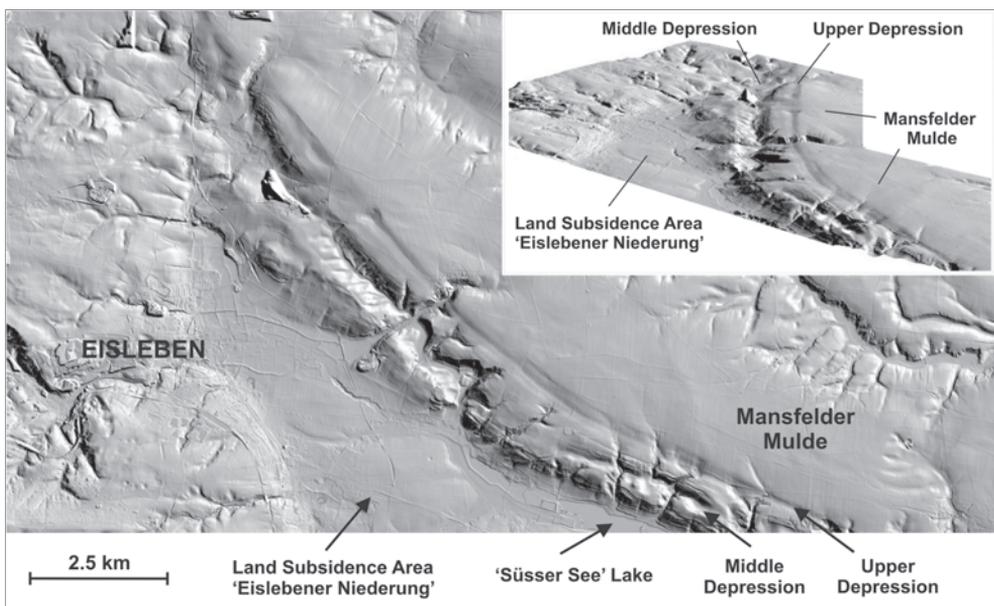


Fig. 5: "Laser Image" showing the major morphologic units of the study area; the vertical view is the rasterized DTM as "shaded relief map" (sun elevation: 45°, azimuth: 45°); the inset is a 3D view of the "shaded relief map"; both fault troughs can clearly be seen northeast of the „Eislebener Niederung" subsidence area.

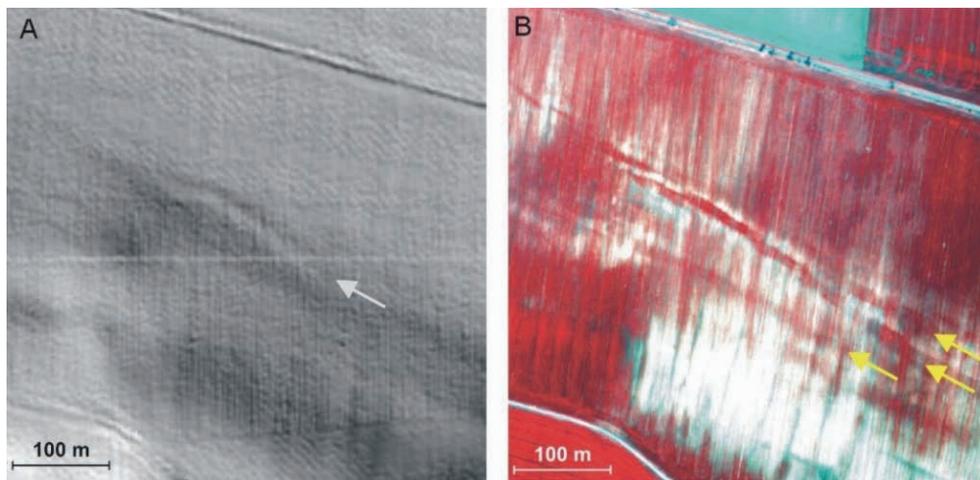


Fig. 6: “Laser Image” (A, shaded relief map – sun elevation: 45° , azimuth: 45° , and B Color infrared (CIR) aerial photograph of the same part of the Upper Depression; faint morphological linear features in the zoomed laser image and linear to curvilinear features in the CIR aerial photograph (*yellow arrows*) are surface expressions of fractures that make up “Fracture Zone 3”.

good drainage is due to the highly fractured rocks of this depression.

Further indications of a fault along the depression can be seen in the Spot XS image recorded on February 15, 1999, at 10:35 GMT (Fig. 4). Because of the snow cover, different colours of surface objects and of the vegetation that usually dominates snow-free images are not visible here. Owing to the low angle of the sun from the south and the thin, uniform snow cover, unevenness in the terrain is more pronounced, leaving a light-coloured trace of the gentle south-facing slope of the depression.

The occurrence of mass movement in this area is moreover supported by airborne laser scanning data. The laser images in Fig. 5 are shaded relief maps showing the major morphological units of the study area. The shaded DTM relief map was prepared using a simulated illumination from 45° elevation, 45° azimuth, which makes the details of the morphology appear more pronounced. The land subsidence area of the Eislebener Niederung and both depressions are now visible as prominent landscape units. Two visualizations of the DTM displayed in Fig. 5 provide an idea of how large blocks of rock became separated from the rocks of the south-

west limb of the Mansfelder Mulde. As result of the sliding of the blocks towards the Süsser See depression, the Middle Depression has developed broad crevasses parallel to the slope. The prominent curvilinear morphological feature of the Upper Depression can be seen in both views in Fig. 5.

An enlarged section of the laser image and a section of a Colour Infrared (CIR) aerial photograph of the same area are shown next to each other in Fig. 6. The CIR aerial photograph was taken on April 21, 2000, and shows a field of young grain (Fig. 6B). Due to the spectral sensitivity of the film, red colouring indicates healthy vegetation. In this photograph, the intensive red indicates advanced growth of the young plants. The vigour of the plants is due to the presence of a fertile soil, composed of thick loess, accumulated in open fractures. Accordingly, the red lines in the aerial photograph mark the individual fractures. Narrow linear depressions that are visible in the laser image (Fig. 6A) suggest that parts of the ground are already subject to displacement. Both images in Fig. 6 corroborate the existence of a Fracture Zone 3 associated with the Upper Depression. It can moreover be inferred that the area of weakened ground is slowly

expanding to the northeast. The existence of Fracture Zone 3 has been verified in the field. Since this area is still used for farming, potential hazards to people, road traffic, and to farm machinery have to be taken into consideration.

5 Discussion

Most geological information obtained by remote sensing is the result of interpretation, and therefore has to be treated as circumstantial evidence until it has been verified in the field. To ensure the reliability of remote-sensing-based information, field checks are essential, but typically only spot checks are made, since in most cases it is impossible to fully verify remote-sensing-based information. Therefore, highly reliable information derived from remote-sensing data is essential when hazardous ground is investigated.

A prerequisite for reliable remote-sensing-based detection of hazardous ground is the identification of terrain features associated with hazardous ground in data from several methods at different times. Hence, we combined satellite imagery, high-resolution aerial photography, and airborne laser-scanning data to detect different surface features that indicate fractures and depressions. These appear as faint variations in terrain features in high-resolution imagery, or as regional-scale features that can be recognized best in small-scale satellite imagery (Figs. 3 and 4).

When the observation distance is reduced from several 100 kilometres (satellites) to one to two kilometres (airplanes), the degree of generalization decreases, while the spatial resolution of the images increases, and fine details of the terrain become visible. The high-resolution aerial photograph shown in Fig. 6B revealed that the large prominent curvilinear feature, which marks the Upper Depression in the satellite images (Figs. 3 and 4) is the summarized effect of numerous small fractures. Our multi-sensor remote sensing approach showed that most vegetation and soil moisture anomalies visible in satellite images and aerial photographs coincide with uneven and partly displaced

ground that is apparent in the DTM images derived from the laser data. This was observed in regional fracture zones (Figs. 3, 4 and 5), as well as for smaller individual fractures (Figs. 6A and 6B).

The performance of the multi-sensor approach significantly benefited from the combination with airborne laser scanning. In contrast to conventional remote-sensing data, the laser-based DTM is a result of a quantitative measurement and therefore less affected by subjective views of the interpreter. The identification of surface features indicating unstable ground at different times and with various techniques, and the measurement character of laser-scanning data reduced interpretation errors and increased the reliability of the multi-sensor approach.

One factor that may limit the ability of remote sensing methods to detect hazards is an obstructed view of the ground, as is the case in densely forested or urban areas. Moreover, the possibility of using vegetation as a marker for certain subsurface situations depends on seasonal conditions.

In this study, multi-sensor remote sensing proved to be an efficient and reliable method for detecting and characterizing unstable ground resulting from mass movement after dissolution of salt from rock salt formations. The coupled interpretation of satellite and airborne remote sensing data is thus shown to be applicable to the early detection of potentially affected sites and associated risks. A prerequisite is that the subsurface mass movement affects the ground surface in a typical way.

Acknowledgements

The authors thank the Federal Ministry of Education and Research (BMBF, FKZ PtWT & E FKZ 0281212/4) and the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources in Germany for funding and supporting this research. We further thank GÜNTER STROBEL, ULRICH HEROLD and JOACHIM HECKNER of the State Geological Survey of Saxony-Anhalt for support and advice on geological aspects. KRISTINA KÜHN and R. CLARK NEWCOMB are thanked

for critical reading of the manuscript. The laser survey flights and preprocessing of the laser data were carried out by the Eurosense Company in Cologne, Germany.

References

- ACKERMANN, F., 1999: Airborne laser scanning – present status and future expectations. – *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* **54**: 64–67.
- BALTSAVIAS, E.P., 1999a: Airborne laser scanning: basic relations and formulas. – *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* **54**: 199–214.
- BALTSAVIAS, E.P., 1999b: Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources. – *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* **54**: 164–198.
- HOYNINGEN-HUENE, E. v., 1959: Salztekonik und Auslaugung im Gebiet der Mansfelder Seen. – *Freiberger Forsch.-H.*: 1–57, Berlin.
- KUEHN, F. & SCHILKA, W., 1988: Anwendung der Geofernerkundung für die Untersuchung der Altenberger Pinge. – *Z. Angew. Geol.* **34** (8): 240–242, Berlin.
- KUEHN, F., TREMBICH, G. & HOERIG, B., 1997: Multisensor Remote Sensing to Evaluate Hazards Caused by Mining. – *Proceedings of the Twelfth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing*, 17–19 November 1997, Denver, Colorado, Vol. I: 425–432.
- KUEHN, F., TREMBICH, G. & HOERIG, B., 1998: Remote Sensing for Evaluating Hazards Caused by Underground Mining. – *Z. Angew. Geol.* **44** (3): 52–60, Stuttgart (Schweizerbart).
- KUEHN, F., TREMBICH, G. & HOERIG, B., 1999: Satellite and Airborne Remote Sensing to Detect Hazards Caused by Underground Mining. – *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Applied Geologic Remote Sensing*, Vancouver, British Columbia, Canada, 1–3 March 1999, Vol. 2: 57–64.
- PETERS, D.C., 1988: Lineament analysis for hazard assessment in advance of coal mining. – *Proceedings of the Sixth Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Houston, Texas, 16–19 May 1988.
- PETERS, D.C., 1993: Can lineaments be used to evaluate AML subsidence potential? Case study for Colorado Springs, Colorado. – *Proceedings of the Conference on Mine Subsidence in Urban and Developed Areas*, Rock Springs, Wyoming, 9–10 September 1993, pp. 21–46.
- SINGHROY, V., 1988: Case Studies on the Application of Remote Sensing Data to Geotechnical Investigations in Ontario, Canada. – In: JOHNSON/PETERSSON (eds.): *Geotechnical Applications of Remote Sensing and Remote Data Transmission*. – ASTM Philadelphia PA, STP **967**: 9–45.
- WATSON, K. & KNEPPER, D.H., 1994: Airborne Remote Sensing for Geology and the Environment – Present and Future. – *U.S. Geological Survey Bulletin* 1926, 43 p., Washington.
- WEHR, A. & LOHR, E., 1999: Airborne laser scanning – an introduction and overview. – *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* **54**: 68–82.

Address of the authors:

Dr. FRIEDRICH KÜHN
Dipl.-Geophysiker BERNHARD HÖRIG
Dr. DÖRTE BUDZIAK
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Germany

Manuskript eingereicht: Juli 2003
Angenommen: Oktober 2003

Automatic Classification of Trees outside Forest using an Object-driven Approach: an Application in a Costa Rican Landscape

BERNAL HERRERA, Freiburg, CHRISTOPH KLEINN, Göttingen, BARBARA KOCH & MATTHIAS DEES, Freiburg

Keywords: aerial photography, agro-forestry systems, forest inventory, remote sensing, segmentation.

Summary: This research presents an automatic algorithm for trees outside forest (TOF) classification on scanned aerial photographs using an object-oriented approach. TOF is defined as all trees outside the legal forest borders that comprise an area less than 2 ha. For classification purposes, an object must be a minimum distance of one pixel from a forested area (i.e., 3 m) in four directions to be considered a TOF and have a minimum mapping area of 9 m². A pixel is considered to be part of a TOF segment when it is no further than 3 m away in four directions. Twenty-three color aerial photographs (acquisition date 02.1997) scale 1:40,000 were digitized at 3 m-pixel size and then orthorectified and mosaicked. Due to variation in the radiometric conditions among the aerial photographs, the final image was subdivided in eighteen subsets; and each one was separately segmented and classified. The TOF information extraction process was carried out using multi-resolution segmentation and fuzzy classification rules available in the commercial software eCognition®. The combination 10, 30, 60 and 150 segmentation levels generated the most appropriate object sizes for forest, TOF and non-forest classification. Mean of channel green and the standard deviation of this channel were the membership functions most utilized to differentiate forest and non-forest classes. Contextual information, specifically the similarity function, proved to be a very suitable method for TOF classification purposes. Forest area corresponded to 43 250 ha, non-forest area was 80 600 ha and TOF-land corresponded to 3 710 ha (3% of the total area).

Zusammenfassung: *Automatische Klassifizierung von Bäumen außerhalb des Waldes durch einen Objekt-basierten Ansatz: Eine Anwendung in einer Landschaft Costa Riccas.* In dieser Untersuchung wird im Rahmen eines Objekt-orientierten Ansatzes ein automatischer Algorithmus für die Klassifizierung von Bäumen außerhalb des Waldes (Trees Outside Forest, TOF) in gescannten Luftbildern vorgestellt. TOF sind definiert durch sämtliche Bäume außerhalb der Waldgrenzen einschließlich Waldflächen kleiner zwei Hektar. Zum Zwecke der Klassifizierung musste die minimale Distanz eines als TOF auszuweisenden Segments zum Wald mindestens ein Pixel (d. h. 3 m) in die vier Himmelsrichtungen betragen. Die kleinste noch zu erfassende Fläche betrug daher 9 m² und die geringste Entfernung eines Pixels, um es als Teil eines TOF-Segments zu berücksichtigen, war 3 m. Dreiundzwanzig Farbluftbilder (Aufnahmedatum Februar 1997) mit einem Maßstab von 1:40 000 wurden mit einer Pixelgröße von drei Metern eingescannt, orthorektifiziert und zu einem Mosaik zusammengefügt. Bedingt durch radiometrische Abweichungen bei der Aufnahme der einzelnen Luftbilder ist das Gesamtbild in 18 Untereinheiten eingeteilt worden; jede dieser Einheiten wurde separat segmentiert und klassifiziert. Der Prozess der Extraktion von TOF wurde unter Benutzung von „Multi-Resolution“-Segmentierung und Fuzzy-Classification-Regeln mit der kommerziellen Software eCognition® durchgeführt. Die Kombination der Skalierungsfaktoren 10, 30, 60 und 150 bei der Segmentierung erzeugte die besten Objektgrößen bei der Klassifizierung von Wald, TOF und Nichtwald. Mittelwert und Standardabweichung des grünen Kanals waren die meistgebrauchten Membership-Funktionen zur Unterscheidung von Wald- und Nichtwald-Klassen. Weitergehend resultierte der Gebrauch

von kontextbezogenen Unterscheidungsparametern, insbesondere die „Similarity-Funktion“, in einer Methode, die sich sehr gut für die Klassifizierung von TOF eignet. Die Waldfläche entsprach 43 250 ha, die Nichtwald-Gebiete hatten eine Größe von 80 600 ha und die TOF-Fläche ergab 3 710 ha (3 % der Gesamtfläche).

1 Introduction

According to FAO (1998), trees outside forest (hereafter referred to as TOF) are considered to be “trees on land not defined as forest and other wooded land”. These trees can grow in meadows associated with crops and pastures, along rivers, canals or roadsides, or in towns, gardens and parks. TOF definition obviously depends on the “forest” definition used, which can vary according to the objective of the study (e.g., large-area inventory) or to a particular national forest law (KLEINN 2000).

It is recognized that TOF embrace not only many ecological functions such as the conservation of biodiversity, erosion control and carbon sequestration (SCHROEDER 1994), but also economic functions, such as the provision of firewood, fodder, fence posts and living fence posts (CURRENT et al. 1995). Despite the relevance of these and other important biophysical and socioeconomic roles attributed to TOF, little is known about these resources at scales beyond the farm (FAO 2001). It is therefore clear that methods for providing TOF information at broader scales, including those for its assessment, are required (FAO 2001).

The low density of TOF makes their assessment by conventional methods costly and time consuming. An attractive alternative option for a rapid and precise assessment is remotely sensed data, which has proven to be an efficient source of information in forest inventories on large-scale (FRANKLIN 2001). Although high spatial resolution images have proven to be efficient in extracting TOF information, as is shown by KOUKAL & SCHNEIDER (2001), who developed an automatic classification algorithm

for TOF extraction from IRS-1D panchromatic and LANDSAT ETM+ scenes, images with better geometric resolution, such as aerial photographs, could yield a much more reliable estimations of TOF cover. Another sensitive issue that must be taken into account is the cost of aerial photography, which could be prohibitive in Central American countries (KLEINN & MORALES 2001). New research initiatives, however, will enable the provision of these type of images in the short term (Personal communication with ANDREW ROBERT, NASA), making possible the development of relatively precise TOF cover estimations at different spatial scales.

The availability of high spatial resolution images has opened a more precise range of land-cover classifications and a new spectrum of applications (FRANKLIN 2001). As these new remotely sensed data have been developed, a number of new technical problems have arisen that were not previously contemplated (SCHIEWE et al. 2001). While the problem of mixed pixels has been reduced (SCHIEWE et al. 2001), the internal variability and the noise within the target classes due to the high spatial resolution of the images have increased (SCHIEWE et al. 2001). This problem can be solved by means of image segmentation techniques, which produce homogeneous image objects and avoid the induced salt-and-pepper effect (MEINEL et al. 2001). Image objects contain, aside from spectral information, additional attributes such as shape, texture, relational and contextual information that can be used for TOF classification purposes (BAATZ et al. 2000, BLASCHKE & STROBL 2001).

The aim of this research is to develop an automatic algorithm for TOF information

extraction from scanned color aerial photographs of a landscape in northwestern Costa Rica, by means of multi-resolution segmentation and fuzzy classification rules.

2 Materials and methods

2.1 Study site

The Costa Rica study site is located in the northwestern zone of the country within the Lambert coordinates 378,314/237,833 and 414,871/272,903 covering an area of 127 500 ha (Fig. 1). Twenty-three color aerial photographs with a scale 1 : 40 000 cover the study area. Altitudinal range within the area is 2–600 m.a.s.l. and slope between 0–50%. Mean annual precipitation range 1400–2500 mm and mean annual temperature is approximately 24°C (HERRERA 2003).



Fig. 1: Study site location.

2.2 TOF definition

The Costa Rican forest law does not include a definition of TOF (Asamblea Legislativa 1996). However, by analyzing the official forest definition, it is possible to designate what could be considered as TOF by default. Considering the minimum area criterion included in this definition, the Costa Rican forest law designates an area greater than or equal to 2 ha as forest (Asamblea Legislativa 1996). Therefore, by default, TOF can be considered to be all trees outside the legal forest borders comprising an area

smaller than 2 ha. The definition here proposed includes agroforestry systems and plantations of fruit trees. TOF-land corresponds to the land covered by the TOF objects. For classification purposes, an object must have a minimum distance of one pixel from a forested area (i.e., 3 m) in four directions to be considered a TOF. A pixel is considered to be part of a TOF segment when it is no further than 3 m away in four directions. The minimum mapping area was 9 m².

2.3 Image pre-processing and classification

The set of twenty-three-color aerial photographs in the scale of 1 : 40 000 (acquisition date February 1997) were digitized at 3 m-pixel size and then orthorectified¹. The required reference data was gathered from topographic maps in the scale of 1 : 50 000 and from a digital elevation model with a grid size of 200 m. The selected set of aerial photographs was mosaicked using the tool for such purposes available in ERDAS (ERDAS IMAGINE 2000). Due to variations in the radiometric conditions among the aerial photographs, the final image was subdivided in eighteen subsets; with each one separately segmented and classified. The results were then merged in a GIS. None of the tools available in the software used to prepare the mosaic proved to be efficient in homogenizing the radiometric characteristics of the final image.

The TOF information extraction was carried out using the multi-resolution segmentation technique and fuzzy classification rules available in the commercial software eCognition® Version 2.1 (BAATZ et al. 2001). The fundamental algorithm of the multi-resolution segmentation starts by defining a pre-defined threshold, a so-called scale parameter. In this method, the algorithm joins

¹ It was not possible to access the prints of the aerial photographs. A former research project (TROF project EU contract number ERB3514PL973202) scanned the material that was used in this investigation.

the neighboring regions, which are smaller than this scale parameter. This parameter is considered a measure of the maximum change in heterogeneity (variance) that may occur when merging two image objects. The algorithm also allows the segmentation in different resolutions so that the image information can be represented in terms of different scales simultaneously. The segmentations produced allow the construction of hierarchical network of image objects, where each level of the network is produced by a single segmentation run. The classification of the objects primitives is performed using an algorithm based on fuzzy mathematics. The mathematical approach of fuzzy logic is to replace the strict logical statement 0 and 1 (i.e., no or yes) by a continuous range of $[0 \dots 1]$, where 0 means "exactly no" and 1 means, "exactly yes" (BAATZ et al. 2001). Once the classification is obtained, the results can be refined by means of semantic context information by describing neighborhood relationships or the composition of sub-objects (BAATZ et al. 2001).

In order to build up the most appropriate hierarchical network of image objects for defining the relationship between neighboring objects of different sizes (BAATZ et al. 2001), the segmentation resolution levels of 150, 100, 80, 60, 30, 20 and 10 were tested. In all cases, the composition of homogeneity criterion was set to 0.8 for color and 0.2 for shape. In the latter criterion, a smoothness value of 0.9 and a compactness value of 0.1 were used. The best segmentation result for TOF classification was the one that provided most favorable information for classification purposes. Since a method for evaluating segmentation results has not yet been developed (PAL & PAL 1993), the evaluation of the segmentation results was performed by visual inspection of the resulting object primitives.

Two land cover classes were defined for the classification process: forest and non-forest, with the latter being the corresponding area where TOF are likely to be observed (i.e., TOF-land). Mangrove areas were included in the forest class; while water bodies, urban areas, clouds and their shadows were

included in the non-forest class. Problems with shadowed objects, mainly corresponding to the forest class, were detected in the southeast part of the aerial photographs. Due to the low spectral capacity to separate shadow and forest offered by the three bands of the aerial photographs, a series of texture images were prepared in order to eliminate the shadow influence (see HERRERA 2003 for methodological details). This procedure, however, was not effective in automatically separating shadow from the target objects. Nevertheless, its influence on the TOF land estimation was considered to be minimal because most TOF-objects are relatively small.

Once a general classification hierarchy was built, the algorithm was applied to each subset (18) created from the mosaic-image. Different membership functions were used to produce the corresponding class description. These memberships included the mean value of the red, blue and green channels, the standard deviation of the mean and the ratios of these channels, as well as contextual information. Due to the radiometric differences between the subsets, it was necessary to adjust the values of each membership function in the general class hierarchy each time it was applied. Once the forest and non-forest areas were classified, all resulting forest objects with an area smaller than 2 ha were considered to be TOF.

2.4 Accuracy assessment of classification

An accuracy assessment of the resulting classification was performed on three representative subsets of the image by means of the specific tools available in eCognition® software (BAATZ et al. 2001). Prior knowledge of the study area and the same aerial photographs were used to identify and locate the reference data required for accuracy assessment purposes. For the forest class and non-forest class 150 and 100, sample objects of the lowest segmentation level (i.e., 10) were collected in each class as reference data. The classification was then evaluated using the *Producer accuracy*, *User*

accuracy, Overall accuracy, and Kappa Index of Agreement (KIA) measures. It is worth noting that for this analysis TOF were included in the forest class.

3 Results

The combination 10, 30, 60 and 150 segmentation levels generated the most appropriate object sizes for TOF, forest and non-forest classification. The finest segmentation (10) allowed the representation of small objects such as isolated trees and groups of trees (the targets in this study), while the coarser (150) allowed the representation of larger objects such as forest patches and non-forest areas.

Regarding the classification, forest area corresponded to 43 250 ha, non-forest area was 80 600 ha and TOF-land corresponded to 3 710 ha, which represents 3 % of the total study area. Fig. 2 depicts partial results of the classification. In terms of size, approximately 83 % of TOF-objects represented an area of less than 0.05 ha, while only 1.6 % accounted for areas greater than 0.5 ha (Fig. 3).

For the three image subsets selected, all the evaluated accuracy measures presented values very close to 1 (Tab. 1). The agreement between the classification and the reference data, representing by the KIA, was greater than 90% in the three samples. A detailed inspection of these measures shows that in the three image subsets, *forest* and *non-forest* classes showed a producer's accuracy higher than 90% and 94% respectively (Tab. 1). In the case of *forest* class, the producer's accuracy was always higher than 90%. This implies that more than 90% and up to 99% (in the case of image subset 2) of the pixels of the classification and reference data agree (Tab. 1). Meanwhile, in the *non-forest* class, most part of the pixels selected as reference data agree with the resulting classification (94% up to 100% in the case of image subset 3, Tab. 1). The user's accuracy was always higher than 89% and 97% for *forest* class and *non-forest* class respectively in the subset images selected (Tab. 1). The results suggest that in any case, it is possible to assure that more than 89% of the pixels classified as *forest* and more than 97% of those classified as *non-forest* belong in their respective class.

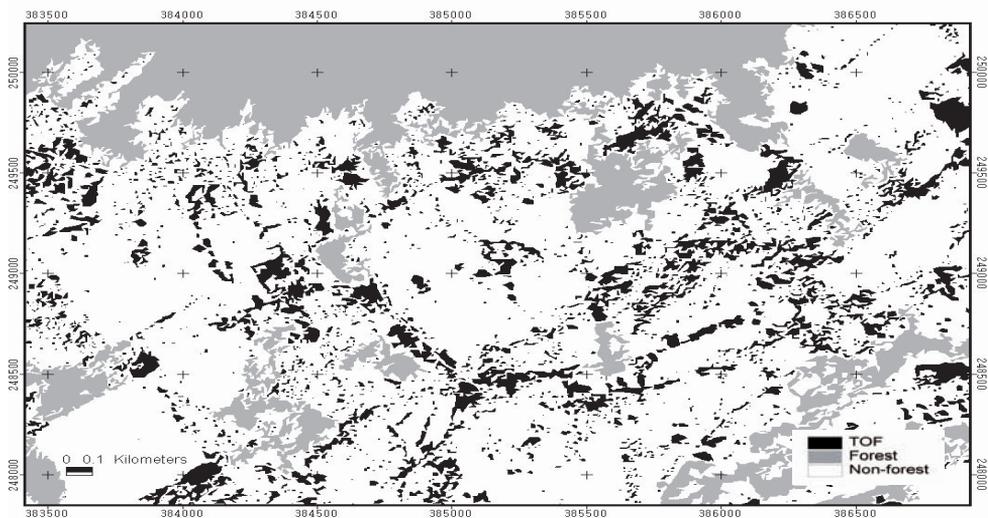


Fig. 2: TOF classification (subject of the final map) resulting from the multi-resolution segmentation and fuzzy classification of 23 aerial photographs. Note that the smallest objects, corresponding to TOF (in black), were extracted using a scale segmentation parameter of 10, while the forest patches (in gray) were classified using combination of segmentation parameters of 30, 60 and 150.

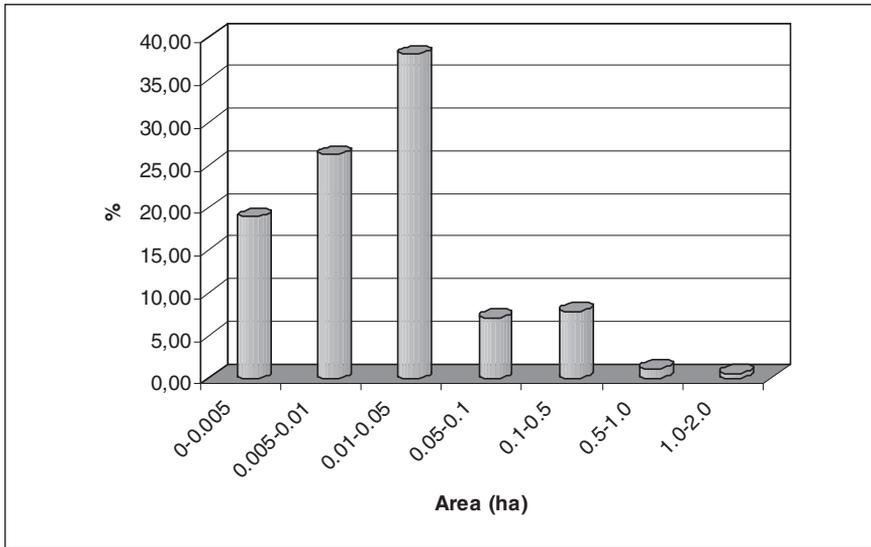


Fig. 3: Distribution of TOF objects extracted from scanned aerial photographs according to area classes.

Tab. 1: Accuracy measures for classification results on 23 color aerial photographs scale 1:40 000 and 3 m ground resolution. Note that TOF are included in the forest class.

Accuracy measure	Land cover class					
	Image subset 1		Image subset 2		Image subset 3	
	Forest	Non-forest	Forest	Non-forest	Forest	Non-forest
Producer	0.968	0.991	0.990	0.943	0.906	1.000
User	0.984	0.982	0.896	0.995	1.000	0.978
Overall	0.982		0.958		0.982	
KIA	0.962		0.909		0.939	

4 Discussion

The multi-resolution segmentation method applied has proven to be very efficient in extracting the segments required for the classification of forest, non-forest, and TOF on 3 m ground resolution scanned color aerial photographs. The application of the multi-resolution segmentation method has been demonstrated to be an efficient approach in extracting image objects in other high-resolution images (e.g., HOFFMAN

2001, KOUKAL & SCHNEIDER 2001, MEINEL et al. 2001).

This segmentation approach generated homogeneous objects suitable for classification, avoiding the noise-induced “salt-and-pepper” appearance normally produced when a pixel-driven classification process is performed (LILLESAND & KIEFER 2000, MEINEL et al. 2001). The combination of segmentation resolutions utilized (10, 30, 60 and 150) generated the most appropriate ob-

ject sizes for classification purposes. Nevertheless, that does not mean that any other combination of segmentation resolutions cannot generate the same or even better results. The segmentation level of 10 proved to be very precise in the geometric delineation of individual trees and groups of trees, which were the target groups in this research. The mean of channel green and its standard deviation were the most utilized memberships functions for differentiating forest and non-forest classes. As was pointed out above, due to the differences in radiometric conditions found in the mosaic-image, it was necessary to adapt the classification algorithm to the particular condition of each of the subset images created. Therefore, in some cases, other membership functions such as the mean of channel red and the ratio of this channel were also useful for classification.

Contextual information, specifically the similarity function, produced a very suitable method for TOF classification purposes. Because non-forest areas surround TOF objects, these objects were segmented using a finer segmentation resolution, while larger objects represented the non-forest areas. Thus, it was possible to define relations between objects of different sizes and use the contextual information in the classification algorithm. This technique allowed the extraction of the smallest objects as depicted in Fig. 2. The classification accuracy measures suggest the algorithm designed produces satisfactory results (CONGALTON 1991), which is not a surprising result since only two classes were developed.

The use of very high-resolution images for TOF information extraction, produce important differences in comparison to other images of desirable spatial resolutions. In this sense HERRERA (2003), using the data from KOUKAL & SCHNEIDER (2001), reported for the same study area of this research 3477.5 ha classified as TOF-land on IRS (panchromatic, 5.8 m spatial resolution), which is approximately 232 ha less than the TOF-land on aerial photographs. The same author reports that the number of TOF objects extracted from the IRS image was

33487, while in the present research 77296 objects were classified as TOF. The area corresponding to forest classified on aerial photographs was 29% (12421.7 ha) higher than the forest area classified on a LANDSAT ETM+ image (HERRERA 2003). These differences could have important implications if the TOF information extracted from remotely sensed data are used in investigations related to automatic TOF inventory, in the assessment of carbon pools, spatial distribution (HERRERA 2003) or studies related to the role of TOF in forest connectivity, among others. This latter issue is particularly pertinent in strongly fragmented areas such as Costa Rica (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al. 2001), where forest assessments using coarser image resolutions (e.g., LANDSAT) omit the role of TOF in forest connectivity, which is subsequently not included in information required for decision-making. The consequences for forest connectivity measures resulting from the image spatial resolution used in extracting TOF information has not yet been studied.

Radiometric differences in the images required the splitting of images into more homogeneous subsets. Although it should be recognized that this is not the ideal approach, it is expected that the use of scanned aerial photographs, the use of different photographic films and differences in the illumination conditions during the flight missions, among others, will yield strong variability in terms of radiometric conditions. Other error sources that could reduce the reliability of the classification results include the difficulty of separating shadow from the target objects, the impossibility to differentiate shrubs from trees and the fact that the sensor could not detect some deciduous tree species. It is assumed, however, that these error sources had a minimal influence on our data.

5 Conclusions

The developed algorithm for TOF classification on aerial photographs can be applied to new images of the same or similar geometric and spectral resolutions. Some im-

portant changes in the membership functions, however, may be required to compensate for differences in the illumination conditions that can influence the aerial photographs. Although a TOF classification derived from other scenes such as IRS or IKONOS may be preferred due to cost and area covered, new research initiatives in Costa Rica, as mentioned above, will provide aerial photographs of the same or better quality as those used in the present research. The methodological approach proposed in this research, including the membership functions reported, could therefore be used with this new set of data. However, this does not mean that new images with better spectral and spatial resolutions cannot be evaluated as an alternative for TOF assessments. Rather, if studies on TOF temporal dynamic are developed, it could be more appropriate to use remotely sensed data instead of scanned aerial photographs due to the budget and technical limitations of the latter.

The obtained TOF-land reported could be influenced by the TOF definition adopted. In the present research, TOF-land is limited to a maximum area of 2 ha. This area threshold can be considered high in comparison to other definitions used in other research initiatives (e.g., FAO). Therefore, if comparative results are required, a consensus among scientists on the definition of TOF is strongly required.

The availability and application of methods such as the one proposed in this paper will facilitate the integration of TOF into forest inventories, as well as TOF cover information into land cover databases. This will in turn expand the information available for landscape management and lead to the design of new investigations at this scale.

6 Acknowledgments

We thank C.P. GROSS for his constructive criticisms of an early draft, SCOTT HEMPHILL for help in editing English grammar and style. Financial support was provided by the European Community through TROF-Project (Project number ERB3514PL9732 02)

and the German Academic Exchange Service (DAAD) that contributed a scholarship to the first author.

7 References

- Asamblea Legislativa República de Costa Rica, 1996: Ley Forestal no. 7575. – Diario Oficial La Gaceta, San José, Costa Rica.
- BAATZ, M., BENZ, U., DEGHANI, S., HEYNEN, M., HÖLTJE, A., HOFMANN, P., LINGENFELDER, I., MIMLER, M., SOHLBACH, M., WEBER, M. & WILLHAUCK, G., 2001: eCognition. Object Oriented Image Analysis. V. 2.2. User Guide. – De-finiens Imaging München.
- BLASCHKE, T. & STROBL, J., 2001: What's wrong with pixels?: some recent developments interfacing remote sensing and GIS. – GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme **6**: 12–17.
- CONGALTON, R., 1991: A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. – Remote Sensing of Environment **37**: 35–46.
- CURRENT, D., LUTZ, E. & SCHERR, S. (eds), 1995: Cost, Benefits, and Farmer Adoption of Agroforestry: Project Experience in Central America and the Caribbean. – 212p., World Bank Environment Paper Number 14, Washington D.C.
- ERDAS IMAGINE, 2000: ERDAS Field Guide. V. 8.5. – 672p., ERDAS Inc., Atlanta.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 1998: FRA-2000. Terms and definitions. Forest Resources Assessment Program. – Working Paper No.1, Rome. (www.fao.org/forestry/fo/ fra/docs/Fra/WP1 eng.pdf)
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2001: Global Forest Resources Assessment 2000. – 492p. FAO Forestry Paper 140, FAO, Rome.
- FRANKLIN, S.E., 2001: Remote Sensing for Sustainable Forest Management. – First edition, 407 p., Lewis Publishers, Boca Raton.
- HERRERA, B., 2003: Classification and modeling of trees outside forest in Central American landscapes by combining remotely sensed data and GIS. – Doctoral thesis. Faculty of Forestry and Environmental Sciences, Department of Remote Sensing and Landscape Information Systems, University of Freiburg. Germany. (Unpublished)
- HOFMANN, P., 2001: Detecting buildings and roads from IKONOS data using additional elevation information. GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme **6**: 28–33.

- KLEINN, C., 2000: On large-area inventory and assessment of trees outside forests. – *UNASYLVA* **51** (200): 3–10.
- KLEINN, C. & MORALES, D., 2001: Analysis of potential of aerial photos. – TROF Project final Report, Work Package Report 2, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. (Unpublished).
- KOUKAL, T. & SCHNEIDER, W., 2001: Kartierung und Monitoring von Baumressourcen außerhalb des Waldes in Zentralamerika. – *Österr. Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation* **89**, VGI 3.
- LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W., 2000: Remote Sensing and Image Interpretation. – 4th ed., 724 p., John Wiley & Sons, New York.
- MEINEL, G., NEUBERT, M. & REDER, J., 2001: Pixelorientierte versus segmentorientierte Klassifikation von IKONOS-Satellitenbilddaten: ein Methodenvergleich. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2001** (3): 157–160.
- PAL, N.R., PAL & SANKAR, K., 1993: A review on image segmentation techniques. – *Pattern Recognition* **26** (9): 1277–1294.
- PCI Geomatics, 2001: PCI V.8.2. OrthoEngine: Reference Manual. – 158 p., PCI Geomatics, Ontario.
- SANCHEZ-AZOFEIFA, G.A., HARRISS, R.C. & SKOLE, D.L., 2001: Deforestation in Costa Rica: a quantitative analysis using remote sensing imagery. – *Biotropica* **33** (3): 378–384.
- SCHIEWE, J., TUFTE, L. & EHLERS, M., 2001: Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing. – *GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme* **6**: 34–39.
- SCHROEDER, P., 1994: Carbon storage benefits of agroforestry systems. – *Agroforestry Systems* **27**: 89–97.

Addresses of the authors:

Dr. BERNAL HERRERA,
Prof. Dr. BARBARA KOCH,
Dr. MATTHIAS DEES,
Department of Remote Sensing and Landscape Information Systems, Faculty of Forestry and Environmental Sciences, University of Freiburg, D-79085 Freiburg, Germany. Phone: +49-761-203-3698. Fax: +49-761-203-3701.
e-mail: Bernal.Herrera@felis.uni-freiburg.de
Barbara.Koch@felis.uni-freiburg.de
Matthias.Dees@felis.uni-freiburg.de

Prof. Dr. CHRISTOPH KLEINN,
Institute for Forest Management and Yield Science, Forestry Faculty, University of Göttingen, Büsgenweg 5, D-37077 Göttingen, Germany. Phone: +49-551-393472
e-mail: Cklein@gwdg.de

Manuskript eingereicht: Juli 2003

Angenommen: August 2003

Mehrskalige, multifunktionale 3D-Stadt- und Regionalmodelle

GERHARD GRÖGER, THOMAS H. KOLBE & LUTZ PLÜMER, Bonn

Keywords: 3D city models, 3D GIS, geometric-topological modeling, level of detail, multiscale

Zusammenfassung: Viele Kommunen haben in den letzten Jahren damit begonnen, dreidimensionale Stadtmodelle zur Unterstützung von Planungsprozessen aufzubauen. Da diese Modelle häufig in CAD- oder Visualisierungssystemen verwaltet werden, und diese nur stark eingeschränkte Modellierungsmöglichkeiten bieten, sind die Modelle oftmals ausschließlich zur Visualisierung geeignet.

Der Artikel stellt ein Konzept für multifunktionale 3D-Stadt- und Regionalmodelle vor, das einerseits einfach und verständlich darstellbar ist, andererseits mächtig genug ist, um die Basis für vielfältige thematische Anwendungen – insbesondere über die Visualisierung hinaus – bilden zu können. Ein Konzept zur konsistenten Verwaltung mehrerer Detaillierungsgrade ermöglicht zum einen die Behandlung des Problems inhomogener Datenverfügbarkeit und führt zum anderen auch zu einer Steigerung der Effizienz bei Analysen und Visualisierungen. Konsistenzbedingungen sichern dabei zu, dass kein Geobjekt mehrfach repräsentiert wird.

Summary: *Concept for multiscale, multifunctional 3D city and regional modeling.* An increasing number of municipalities decide nowadays to build up 3D city models. Since these models typically are implemented on top of CAD systems or visualization software offering only limited modeling capabilities, in most cases they are suitable for visualization purposes only.

In this paper, we propose a concept for multifunctional 3D city and regional modeling, which is on the one hand compact and understandable, and capable to represent manifold application specific city models on the other hand. We explicitly cope with the problem of multiscale representations. A special level of detail relation between features and their geometry ensures spatial consistency between 3D models at different scales.

1 Einleitung

Dreidimensionale Stadtmodelle gewinnen an Beliebtheit. Viele Kommunen haben in den vergangenen Jahren damit begonnen, dreidimensionale Stadtmodelle aufzubauen. Auch private Unternehmen erfassen dreidimensionale Gebäudedaten und versuchen, diese Geoinformationen anderen Nutzern zu verkaufen. Am bekanntesten sind die Mobilfunkbetreiber, die 3D-Stadtmodelle benötigen, um Funknetze zu planen und zu verwalten. Die Unternehmensleitungen ha-

ben die Erfahrung gemacht, dass die Ausgaben für die 3D-Datenerfassung und -verwaltung durch Kosteneinsparungen bei Installation, Wartung und Instandsetzung des Netzes mehrfach kompensiert werden. Der Verkauf dieser Daten kommt allerdings nur schleppend voran.

Kommunen bauen dreidimensionale Datenbestände aus unterschiedlichen Motiven und Fachanwendungen heraus auf. In dem einen Fall steht das Interesse an Gewinnung privater Investoren für Industrieansiedlungen und die Stadtentwicklung im Vorder-

grund. In einer anderen Kommune werden für die Ermittlung von Regenwasserabgaben präzise geometrische Daten über Dächer und Versiegelungsflächen benötigt. Mögliche Anwendungsfelder reichen vom Lärmschutz über die Bauplanung bis hin zum Facility Management. Erwähnt werden soll auch das Katastrophenmanagement (Hochwasser, Überschwemmung, Geiselnahme) wo dreidimensionale Geoinformation benötigt wird, um Entscheidungsträgern wirksames und zweckdienliches Handeln zu ermöglichen und Risiken abzuschätzen.

Katasterämter, Vermessungsverwaltungen und private Datenanbieter stehen vor dem Problem, wie die mit großem finanziellem Aufwand erhobenen Daten nachhaltig verwaltet und in eine Form gebracht werden können, die sie auch für neue, zunächst nicht intendierte Anwendungen brauchbar macht.

Dies ist das Problem der Interoperabilität und schafft Bedarf für national und international anerkannte Modelle, Standards und Normen. Diese Notwendigkeit ist im Bereich der zweidimensionalen Geodaten seit langem bekannt und zum Teil technisch gelöst. Die Standardisierungsarbeiten im Bereich des Open GIS Consortiums haben inzwischen beträchtliche Fortschritte gemacht, sie ermöglichen neue, innovative Anwendungen und Verknüpfungen. Im Bereich 3D bleibt noch vieles zu tun, und einige Besonderheiten verdienen besondere Beachtung.

3D-Stadtmodelle sollten bereits vom Ansatz her multifunktional und für den Einsatz in verschiedenen fachlichen Anwendungen geeignet sein. Auch wenn heute die explorative Nutzung durch den Anwender durch Visualisierung und Animation hervorragend unterstützt wird, sollte die Analyse, also die Nutzung der Daten für maschinelle Berechnungen für Aufgaben der Planung und Simulation nicht unberücksichtigt bleiben. Modelle müssen also generisch sein und verschiedene Spezialisierungen für unterschiedliche Fachanwendungen erlauben.

Dreidimensionale Stadt- und Regionalmodelle liegen in unterschiedlichen Detail-

lierungsgraden (Levels of Detail) vor, die aus verschiedenen, voneinander unabhängigen Erfassungen hervorgehen. Ein Objekt kann in mehreren Detailstufen auf verschiedene Weise repräsentiert sein; daraus resultiert eine gewisse Art von Redundanz, die die Quelle für Inkonsistenzen und Widersprüche bei Visualisierungen oder Auswertungen sein kann. Hieraus erwächst die Anforderung, dass die einzelnen Detaillierungsebenen nicht nur in sich, sondern auch untereinander konsistent sein müssen. Dies kann durch die Formulierung und Einhaltung strikter formaler Regeln geschehen, die traditionell im Kontext von Datenbanken zur Sicherung der Konsistenz bei Vorliegen von Redundanz eingesetzt werden.

Die Diskussion von Lösungsmöglichkeiten für diese Probleme auf Basis eines objektorientierten Ansatzes ist Anliegen dieses Artikels. Er gliedert sich wie folgt: Abschnitt 2 stellt das Basismodell für die 3D-Stadt- und Regionalmodellierung vor und zeigt, wie anwendungsspezifische Modelle darauf aufbauen können. Der folgende Abschnitt widmet sich dem Problem der Konsistenz bei der Repräsentation von Geoobjekten unterschiedlicher Detaillierungsgrade. Der Artikel schließt mit einem kurzen Resümee und einem Ausblick auf offene Fragestellungen.

2 3D-Stadt- und Regionalmodellierung

Für die Modellierung von 3D-Geoobjekten wurden bereits verschiedene konzeptuelle Modelle vorgeschlagen. Rein geometrische Modelle repräsentieren zwar die räumliche Ausprägung von 3D-Objekten, unterstützen aber nicht die Repräsentation topologischer Relationen wie z. B. Nachbarschaften, Berührungen und Durchdringungen zwischen Objekten. Um topologische Beziehungen explizit zu machen und somit die räumliche Integrität zu wahren sowie die redundante Speicherung von Objekt(teil-)geometrien vermeiden zu können, werden geometrisch-topologische Modelle verwendet (OOSTEROM et al. 2002, ZLATANOVA 2000,

PLÜMER & GRÖGER 1997, MOLENAAR 1992). Diese Konzepte wurden im ISO-Standard 19107 für die Repräsentation der Geometrie und Topologie räumlicher Objekte verankert (HERRING 2001). Der ISO-Standard 19107 bietet eine Vielzahl von Modellierungsmöglichkeiten für 2D- und 3D-Geometrien, die jedoch an vielen Stellen über das hinausgeht, was für die Repräsentation von 3D-Stadtmodellen erforderlich ist. Die entwickelte Modellierung verwendet deshalb zwar Konzepte des Standards, ist jedoch deutlich kompakter.

Im „Abstract Model“ des OpenGIS Consortiums (OGC) werden Geoobjekte durch sogenannte *Features* repräsentiert. Features stellen Abstraktionen von Realweltobjekten bzw. -phänomenen dar, die räumliche und nicht-räumliche Eigenschaften besitzen können (OpenGIS Consortium, 1999). Darüber hinaus wird in dem vom OGC verabschiedeten Standard „Geography Markup Language“ (GML) zum Austausch und Speichern von Geodaten zwischen Basis- und Anwendungsmodell unterschieden (vgl. Cox et al. 2003). Das Basismodell stellt dabei die grundlegenden Geometrieobjekte und die Modellierungsmechanismen zur Verfügung, die für jede anwendungsspezifische Modellierung benötigt werden. In der im weiteren vorgestellten Modellierung folgen wir zum einen dem Modellierungskon-

zept des Features (Geoobjekte) sowie der Unterscheidung in Basis- und Anwendungsmodell. Das bedeutet, dass das Basismodell multifunktional einsetzbar sein muss für die verschiedenen Anwendungsszenarien wie beispielsweise 3D-Kataster, Facility Management etc. Darüber hinaus muss es so flexibel sein, dass bislang bestehende 3D-Stadtmodelle damit repräsentierbar sind.

Das Basismodell besteht zum einen aus dem geometrisch-topologischen Modell und zum anderen aus den Modellierungsmechanismen für die darauf aufsetzende thematische Anwendungsmodellierung. Ersteres ist noch weiter unterteilt in die geometrisch-topologische Primitiveebene und die darauf aufbauende Aggregationsebene (siehe Abb. 1). Diese Struktur erlaubt die kohärente Modellierung räumlicher und thematischer Differenzierungen.

2.1 Geometrisch-topologisches Modell

Den Kern des Datenmodells bilden 0-, 1-, 2- und 3-dimensionale Primitive. Die Primitive bauen aufeinander auf und realisieren ein Knoten-, Kanten-, Flächen- und Volumenmodell. Da sich höherdimensionale Geometrieobjekte stets aus Objekten der unmittelbar darunter liegenden Dimension zusammensetzen, besitzen nur die Knoten explizite Koordinaten. Kanten werden durch die Angabe des Start- und Endknotens definiert. Flächen werden durch die Angabe des äußeren Flächenumrings und optionalen inneren Flächenumringen beschrieben, wobei innere Flächenumringe zur Repräsentation von Löchern dienen. Flächenumringe bestehen aus einer in einer beliebigen Umlaufrichtung geordneten Menge von Kanten. Volumenkörper werden durch eine geschlossene Randflächendarstellung modelliert (*Boundary Representation*, kurz B-Rep; siehe FOLEY et al. 1995), die aus mindestens vier Flächen bestehen muss. Dabei wird zu jeder Fläche die Orientierung angegeben, um zwischen der Innen- und Außenseite unterscheiden zu können. Gemäß der Forderung der Boundary Representation müssen Volumenkörper vollstän-

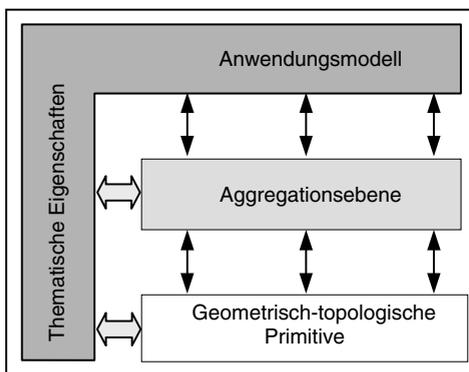


Abb. 1: Struktur der 3D-Stadtmodellierung. Das Anwendungsmodell umfasst thematische und räumliche Aspekte, wobei letztere durch einfache oder aggregierte Primitive repräsentiert werden.

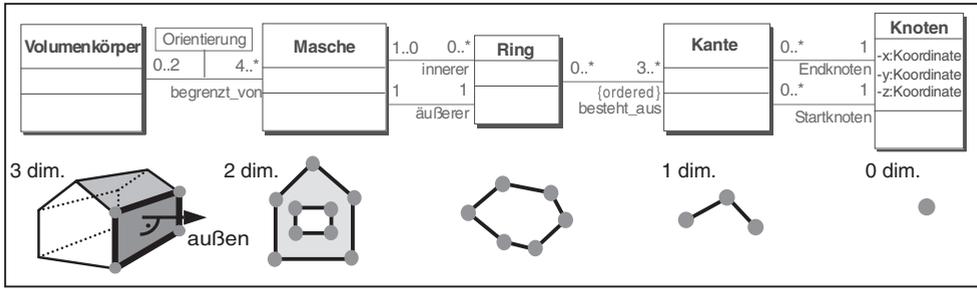


Abb. 2: Geometrisch-topologisches Modell für 0-, 1-, 2- und 3-dimensionale Primitive.

dig geschlossen sein, d. h., es darf kein Weg von innen nach außen geben, ohne dass eine Fläche, Kante oder ein Knoten durchstoßen werden müsste. Abb. 2 zeigt das Datenmodell unter Verwendung der UML-Notation (vgl. BOOCH et al. 1997). Während die Geometrie aller Primitive bis auf den Knoten implizit definiert ist, ist der topologische Zusammenhang zwischen allen Primitiven explizit gegeben.

2.2 Aggregationsebene

Die Aggregationsebene setzt direkt auf den Primitiven auf und realisiert ein rekursives Aggregationsschema für jede Primitivklasse. Dieses Schema wird benötigt, um beispielsweise ein dreidimensionales Objekt durch eine Bestandteilshierarchie darstellen zu können. Ein Gebäude könnte in einzelne Gebäudeteile wie Haus und Garage, und das Haus wiederum in Dach und die einzelnen Stockwerke zerlegt sein (siehe Abb. 3).

Bei Aggregaten ist zu beachten, dass zur Vermeidung von Redundanzen und zur Wahrung der topologischen Konsistenz die sich berührenden Flächen, Kanten und Knoten nur einmal repräsentiert werden dürfen. Die gemeinsamen Teilgeometrien werden von beiden Geometrieobjekten referenziert. Wie im unteren Bereich von Abb. 3 zu erkennen ist, müssen Teilgeometrien dazu ggf. in einen gemeinsam verwendeten und einen separaten Teil partitioniert werden. B-Rep-Modelle berücksichtigen eigentlich nur die sichtbaren Außenflächen von 3D-Objekten. Für das hier vorgestellte Modell wird aber vorgeschlagen, die innenliegen-

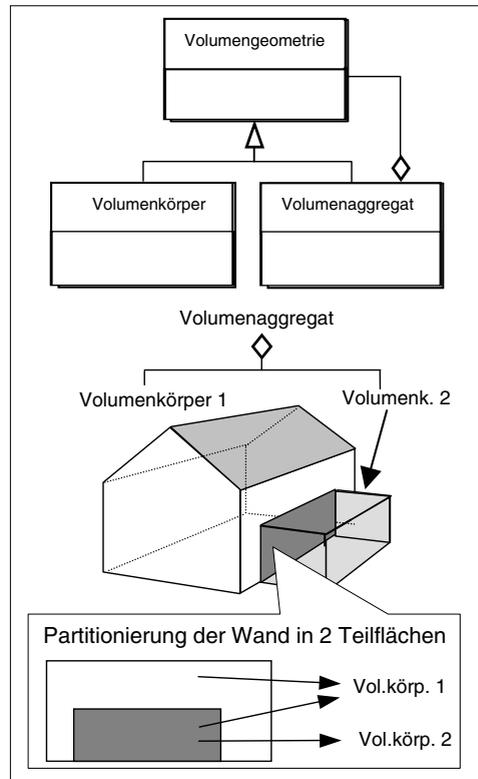


Abb. 3: Komposition komplexer Volumengeometrien durch rekursive Aggregation von Volumenkörpern. Sich berührende Körper besitzen gemeinsame Knoten, Kanten oder Flächen.

den, gemeinsamen Teilgeometrien in dem Modell zu belassen, weil sie erstens die topologischen Bindeglieder zwischen aneinandergrenzenden Teilobjekten darstellen und zweitens bei Löschung von Teilobjekten die verbleibende 3D-Objektgeometrie ansons-

ten nicht mehr geschlossen wäre. Während die Berührung von 3D-Objekten erlaubt ist, muss jedwede Durchdringung von 3D-Körpern vermieden werden, damit keine räumliche Inkonsistenz durch die Mehrfachrepräsentation desselben Volumens entsteht.

2.3 Anwendungsmodellierung

Die Geometrieoberklassen Volumengeometrie, Flächengeometrie, Liniengeometrie und Punktgeometrie bilden die Schnittstelle zur thematischen Modellierung und damit anwendungsspezifischen Modellierung. Geoobjekte werden zunächst bzgl. ihrer semantischen Eigenschaften und Strukturen modelliert, d. h. es werden im Sinne der objektorientierten Modellierung Klassen identifiziert und diese u. a. in Bestandteils- und Generalisierungshierarchien zueinander in Bezug gesetzt (vgl. BOOCH et al. 1997). Bei Klassen mit Raumbezug werden die Geometrielemente über Assoziationen angebunden. Beispielsweise könnten die meisten Objekte von 3D-Stadtmodellen unter einer Oberklasse „Oberirdisches Bauwerk“ subsumiert werden. Da alle Bauwerke einen Raumbezug haben, würde diese Klasse mit der obersten Geometrie-Klasse „Objektgeometrie“ assoziiert. In dem Beispiel würden Gebäude zunächst als thematische Spezialisierung oberirdischer Bauwerke modelliert und somit als Unterklasse „Gebäude“ von der Oberklasse „Oberirdisches Bauwerk“ abgeleitet werden. Auf dieser spezielleren Ebene könnten auch die räumlichen Eigenschaften weiter differenziert werden. Wenn z. B. ausgedrückt werden soll, dass Gebäude grundsätzlich durch mindestens einen Volumenkörper sowie etwaige flächen- und linienhafte Teilobjekte repräsentiert werden, dann ließen sich diese Anforderungen auf die in Abb. 4 gezeigte Weise in UML-Notation darstellen.

Thematische Eigenschaften von Gebäuden wie z. B. die Adresse oder der Eigentümer würden der entsprechenden Klasse als Attribute hinzugefügt. In Fachanwendungen könnten Gebäude mittels Spezialisierung noch weiter differenziert und darüber mit weiteren Attributen ergänzt werden, beispielsweise für Industriekomplexe, Wohnge-

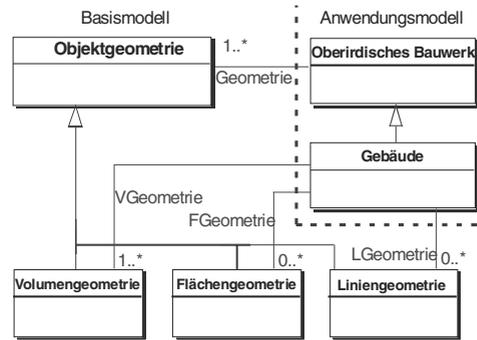


Abb. 4: Beispiel für eine (minimale) anwendungsspezifische Modellierung. Gebäude sind spezielle oberirdische Bauwerke. Sie müssen mindestens eine Volumengeometrie besitzen und können optional zusätzliche Flächen- und Liniengeometrien haben, z. B. zur Repräsentation überstehender Dachflächen oder Antennen.

bäude oder öffentliche Gebäude. Weitere Geoobjekte wie Brücken, Denkmäler und Straßenmöbel könnten auf ähnliche Weise als Unterklassen von „Oberirdisches Bauwerk“ abgeleitet werden. Jede dieser Klassen würde den allgemeinen Raumbezug durch eigene Assoziationen mit den entsprechend verwendeten Geometrieklassen konkretisieren.

3 Wahrung der Konsistenz zwischen verschiedenen Detailebenen

Die bisherigen Betrachtungen von 3D-Stadt- und Regionalmodellen beschränkten sich auf Geoobjekte mit genau einer geometrischen Repräsentation. Viele Anwendungen erfordern jedoch das Verwalten und gleichzeitige Vorhalten mehrerer Repräsentationen desselben Objekts. Die klassische Anwendung, die dies nutzt, ist die effiziente Visualisierung (KÖNINGER & BARTEL 1998, FOLEY et al. 1995, GUTHE & KLEIN 2003), bei der ein Objekt in mehreren Detaillierungsgraden („Level of Detail“, im Folgenden „LoD“ abgekürzt) vorliegt, so dass Objekte im Vordergrund sehr detailliert darge-

stellt werden können, während weiter entfernt liegende Objekte sehr viel gröber erscheinen. Neben der Visualisierung können jedoch auch die in multifunktionalen GIS erforderlichen Analyseverfahren durch Vorkhaltung mehrerer Repräsentationen eines Objekts beschleunigt werden. Soll zum Beispiel das Volumen umbauten Raumes einer Menge von Gebäuden ermittelt werden, so kann dies effizient durch Betrachtung der Gebäude mit einem niedrigen Detaillierungsgrad geschehen; die Berücksichtigung detaillierterer Repräsentationen ist hier nicht erforderlich.

Effizienzgesichtspunkte sind jedoch nicht der einzige Grund für die Betrachtung mehrerer Repräsentationen verschiedener Detaillierungsgrade. Bei einer hinsichtlich der Flächendeckung inhomogenen Datenverfügbarkeit kann durch dieses Konzept eine optimale Ausnutzung der vorhandenen Daten erfolgen. Oft liegen flächendeckend gering detaillierte Daten – z. B. ein Blockmodell einer Stadt – vor, während für ausgewählte Gebiete vereinzelt sehr detaillierte Gebäuderepräsentationen verfügbar sind – etwa einzelne Architekturmodelle. Eine Analysemethode sollte hier in der Lage sein, flexibel die detaillierten Daten dort zu nutzen, wo diese vorhanden sind, und die gröberen Daten nur in dem Fall, wo keine detaillierteren vorhanden sind.

Der LoD-Begriff, der in der Computer-Graphik verwendet wird (z. B. FOLEY et al. 1995, GUTHE & KLEIN 2003), hat zwar hinsichtlich seiner Definition einige Ähnlichkeiten mit dem LoD-Konzept im GIS-Kontext. Der grundlegende Unterschied liegt jedoch darin, dass im Bereich der Computer-Graphik nur das detaillierteste Modell gespeichert wird, während alle gröberen Repräsentationen daraus bei Bedarf automatisch abgeleitet werden. Folglich liegt hier der Fokus auf Verfahren der geometrischen Simplifizierung, die effizient diese Ableitung ermöglichen. Im GIS-Kontext stellt sich die Situation ganz anders dar, da hier oftmals verschiedene Repräsentationen desselben Objekts getrennt voneinander erfasst und somit auch getrennt voneinander gespeichert werden. Ein Beispiel, das dem Bereich

3D-Stadtmodelle entnommen ist, wäre ein Gebäude, das erstens eine Repräsentation als Blockmodell hat, das aus dem Katastergrundriss mit einer geschätzten Höhe abgeleitet ist, zweitens photogrammetrisch erfasst wurde und drittens als hochdetailliertes Architekturmodell vorliegt. Das Problem ist hier nicht die Ableitung einer Detaillierungsebene aus einer anderen, sondern vielmehr die konsistente Speicherung und Verwaltung heterogener Repräsentationen.

Das Problem bei der Verwaltung mehrerer LoD liegt darin, dass zwar mehrere Repräsentationen gespeichert werden, aber für jedes Objekt sichergestellt werden muss, dass nur genau eine Repräsentation bei Visualisierungen oder Analysen berücksichtigt wird. Kein Teil des Raumes darf dabei mehrfach repräsentiert werden. Im Folgenden wird dieses Problem auf der Modellierungsebene behandelt.

Die Menge der Repräsentationen von Objekten, in denen kein Objekt mehrfach repräsentiert ist, wird im Weiteren als *Sicht*¹ bezeichnet. Eine Sicht ist die Menge von Repräsentationen, die Voraussetzung für eine konsistente Visualisierung oder Analyse ist.

Die Schwierigkeit bei der Verwaltung mehrerer Repräsentationen desselben Objekts zur Herleitung konsistenter Sichten ergibt sich daraus, dass die Beziehung zwischen den einzelnen Repräsentationen von Objekten vielschichtig sein kann – vor allem hinsichtlich der Bestandteilshierarchie zwischen Objekten in verschiedenen LoD. Diese Beziehungen lassen sich in drei Klassen einteilen, die alle möglichen Relationen abdecken:

1. Ein Objekt hat eine eigenständige, einzelne Repräsentation in einigen LoD.

¹ Der Begriff „Sicht“ (engl.: *view*) bezeichnet in der GIS-Literatur die unterschiedlichen graphischen Repräsentationen eines Objekts (COORS & FLICK 1998, KÖNINGER & BARTEL 1998). Wir benutzen diesen Begriff mit einer anderen Bedeutung, die der im Datenbankkontext (ULLMAN 1988) entspricht.

2. Die Repräsentationen von Objekten bilden eine totale Hierarchie, d. h. ein Objekt auf einer Detaillierungsebene ist in genau einem Aggregat auf der nächst höheren Ebene enthalten.
3. Die Repräsentationen von Objekten bilden höchstens eine partielle Hierarchie, d. h. nicht jede Repräsentation ist Teil einer Aggregation auf der nächst höheren Ebene. Dies ist der allgemeinste Fall, der die beiden ersten umfasst.

Diese drei Fälle werden nachfolgend einzeln diskutiert, durch Beispiele illustriert und mit UML modelliert. Es werden Konsistenzbedingungen angegeben, die in jedem der drei Fälle die Mehrfachrepräsentation des Raumes bei der Ableitung konsistenter Sichten verhindern.

3.1 Objekte mit einer eigenständigen Repräsentation in jedem LoD

Im einfachsten Fall hat ein thematisches Objekt eine eigenständige Repräsentation in jedem oder einigen LoD. Abb. 5 zeigt ein Beispiel: Ein Gebäude hat eine Repräsentation in dem größten LoD1 als Blockmodell, im etwas feineren LoD2 als Objekt mit einfacher Textur und einfacher Dachstruktur, und in LoD3 als detailliertes Modell mit hoch aufgelöster Textur sowie detaillierten Wand- und Dachstrukturen.

Das UML-Instanzendiagramm² zur Modellierung des Gebäudes zeigt Abb. 6: Ein thematisches Objekt *Gebäude X* hat drei Beziehungen zu verschiedenen Volumengeometrien. Die Instanz *Volumengeometrie1* entspricht dem einfachen Blockmodell in Abb. 5, *Volumengeometrie2* der LoD2-Darstellung und *Volumengeometrie3* dem LoD3.

Abb. 6b) zeigt das zu dem Instanzendiagramm zugehörige UML-Klassendiagramm, in dem die thematische Klasse *Gebäude* für jeden der drei LoD eine Relation

zu der Klasse *Volumengeometrie* hat. Werkzeuge, die mit Daten dieses Modells arbeiten, müssen erkennen können, dass es sich bei den Relationen *LoD1-Geometrie*, *LoD2-Geometrie* und *LoD3-Geometrie* um

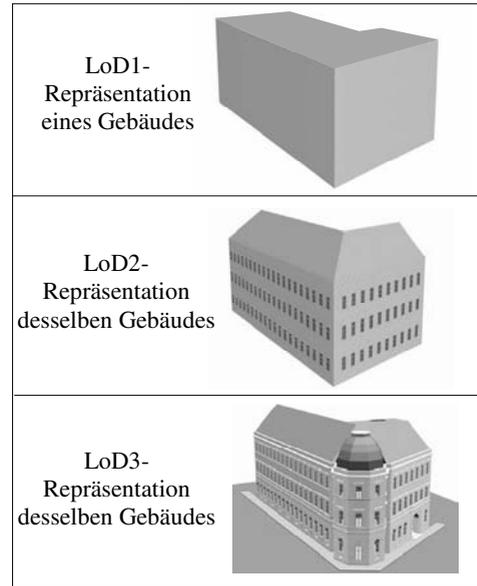


Abb. 5: Der einfachste Fall hinsichtlich der Relationen zwischen LoD: Ein Gebäude hat eine eigenständige Repräsentation in jedem LoD.

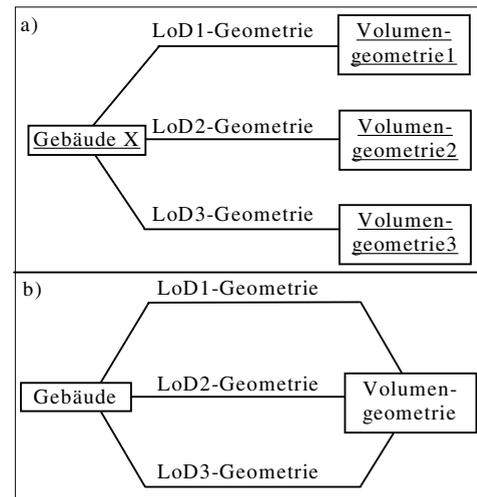


Abb. 6: Modellierung des ersten Falls durch ein UML-Instanzendiagramm (a) und das zugehörige UML-Klassendiagramm (b).

² In einem UML-Instanzendiagramm ist der Name einer Instanz unterstrichen, während die Namen von Klassen in einem UML-Klassendiagramm nicht unterstrichen sind.

spezielle Relationen zwischen thematischen Objekten und deren Repräsentation in einem bestimmten LoD handelt, da sie die Semantik dieser Relationen ausnutzen müssen. Daher sind die Namen dieser Relationen nicht frei wählbar; sondern *qualifiziert*. Dies bedeutet, dass sie nach einem gewissen Schema gebildet werden – in diesem Fall ist dies das Schema *LoDX-Geometrie*, wobei die ganze Zahl $X \in \{0, 1, 2, \dots\}$ die Detaillierungsebene der Repräsentation angibt.

Die Semantik dieser LoD-Relationen ist Voraussetzung für die Formulierung von Konsistenzbedingungen, die bei der Ableitung von Sichten sicherstellen, dass kein Objekt in mehr als einem LoD repräsentiert ist. Im ersten Fall ist diese Bedingung einfach; sie besagt, dass in einer Sicht für jedes thematische Objekt höchstens eine LoD-Relation zu einem Geometrieobjekt existieren darf.

3.2 Totale hierarchische Aggregation

Oft sind Objekte, die in einem LoD repräsentiert sind, in einem größeren LoD nicht mehr als eigenständige Objekte identifizierbar, da sie Teil eines Aggregats sind. Ein Beispiel dafür zeigt Abb. 7: In der Draufsicht auf die Szene in a) gibt es auf der feinsten Ebene neun Gebäude, die auf der mittleren Ebene zu Häuserzeilen aggregiert sind und als Gebäudeobjekt nicht mehr existieren. Diese Zeilen sind auf der größten Ebene wiederum zu einem einzelnen Block verschmolzen. Das Instanzendiagramm in Abb. 7b) veranschaulicht diese hierarchische Baum- bzw. Aggregationsstruktur.

Auf einer abstrakteren Ebene ist die Modellierung dieser Szene in dem UML-Klassendiagramm in Abb. 7c) wiedergegeben. Die hierarchische Beziehung zwischen den Klassen Gebäude, Zeile und Block ist hier durch Aggregationsbeziehungen spezifiziert. Es handelt sich hier um spezifische Aggregationsbeziehungen, was durch das Kreuz in der Aggregationsraute symbolisiert wird und auch durch den qualifizierten Namen *LoD-Aggregation* zum Ausdruck kommt. Die Semantik dieser Beziehung ist, dass es sich um eine spezielle, räumliche Ag-

gregationsbeziehung zwischen denselben Objekten auf benachbarten LoD handelt.

Die Konsistenzbedingung für Sichten nutzt diese spezielle Aggregationsbeziehung; sie lautet im Fall hierarchischer Aggregationen:

Zwei Repräsentationen A und B dürfen in derselben Sicht enthalten sein, wenn A kein Nachfolger von B und B kein Nachfolger von A in dem qualifizierten Aggregationsbaum ist.

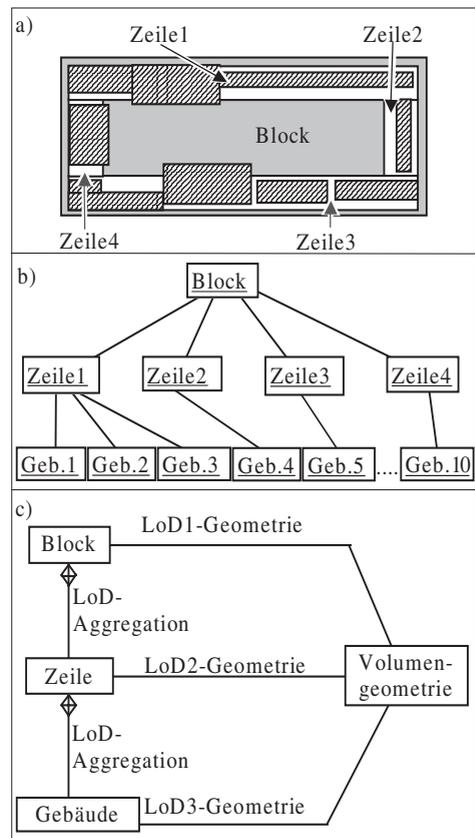


Abb. 7: Veranschaulichung des zweiten Falls an einem Beispiel: Die LoD bilden eine Hierarchie. In a) ist die Draufsicht auf eine Szene mit einem Häuserblock (grau), vier Häuserzeilen (weiß) und neun Gebäuden (schraffiert) gezeigt. Die Aggregationsstruktur ist in b) wiedergegeben, während c) das entsprechende UML-Klassendiagramm zeigt. Das Aggregationssymbol (Raute mit Kreuz) erweitert UML um eine Assoziation mit spezieller Semantik.

Ein *Nachfolger* in einem Baum ist rekursiv definiert: *A* ist *Nachfolger* von *B*, wenn es einen Pfad abwärts von *B* nach *A* im Baum gibt. Die Richtung der Verbindungen im Baum geht dabei von der größeren zur feineren Detaillierungsebene.

Beispiele zur Veranschaulichung dieser Konsistenzbedingung werden anhand des Aggregationsbaumes in Abb. 7 gegeben. Wenn das Objekt *Block* in einer Sicht ist, darf kein anderes Objekt in der Sicht sein, da jedes andere Objekt Nachfolger von *Block* im Baum ist. Analog dürfen *Zeile 1* und *Gebäude 2* nicht in derselben Sicht sein, da es einen Pfad vom ersten zum zweiten Objekt im Baum gibt. Dagegen dürfen *Zeile 1* und *Gebäude 5* bis *Gebäude 9* in einer Sicht enthalten sein, da es weder einen Pfad von *Zeile 1* zu einem dieser Gebäude noch umgekehrt einen von einem dieser Gebäude zu *Zeile 1* gibt.

3.3 Partielle Aggregation

Da in der Praxis die Erfassungen von Daten unterschiedlicher LoD in der Regel unabhängig voneinander geschieht, kann es vorkommen, dass eine hierarchische Aggregation zwischen Objekten verschiedener LoD nicht beobachtbar ist. Als Beispiel zeigt Abb. 8a) Bezirke und Häuserzeilen, die jeweils aus Gebäuden bestehen, jedoch untereinander trotz gegenseitiger Überlappungen nicht in Aggregationsbeziehungen zueinander stehen. Die entsprechenden Instanzen sind in Abb. 8b) gezeigt; sie bilden – im Gegensatz zum zweiten Fall – keine hierarchische Baumstruktur. In der Informatik sind solche Strukturen unter dem Begriff *gerichteter azyklischer Graph (Directed Acyclic Graph, abgekürzt DAG)* bekannt (CORMEN et al. 1990). Die Richtung der Verbindungen geht auch hier vom größeren LoD, d. h. von oben, zum feineren nach unten.

Das UML-Klassendiagramm für die Szene in Abb. 8a) und b) ist in c) dargestellt. Es nutzt ebenfalls das neue Symbol für die LoD-Aggregation – die Raute mit innen liegendem Kreuz – mit der entsprechenden Semantik, es gibt jedoch keine hierarchische Beziehung zwischen den Klassen *Zeile* und *Bezirk*.

Für eine als DAG repräsentierte Szene wird die Herleitung konsistenter Sichten durch folgende Konsistenzbedingung ermöglicht:

Zwei Repräsentationen A und B dürfen in derselben Sicht vorhanden sein, wenn A und B keinen gemeinsamen Nachfolger im entsprechenden DAG haben.

Die Anwendung dieser Konsistenzbedingung auf den DAG in Abb. 8b) ergibt z. B., dass *Bezirk A* und *Bezirk B* in derselben Sicht vorkommen dürfen, da beide keine gemeinsamen Nachfolger haben. Gleiches gilt

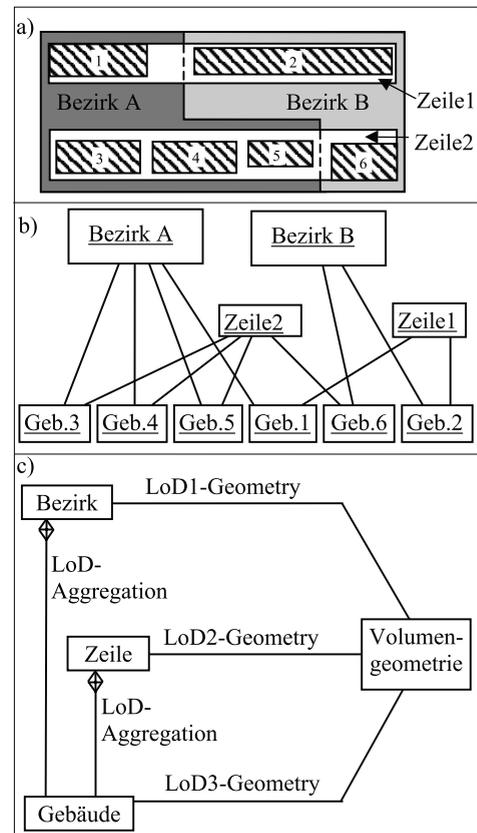


Abb. 8: Beispiel für den dritten Fall. Die Szene in a) aggregiert Gebäude zu Zeilen und zu Bezirken, während es keine Hierarchie zwischen Zeilen und Bezirken gibt. Abb. b) zeigt das UML-Instanzen- und c) das zugehörige Klassendiagramm, welches das neue LoD-Aggregations-symbol (Raute mit Kreuz) verwendet.

für *Bezirk A*, *Gebäude 2* und *Gebäude 6*. Dagegen darf *Bezirk B* nicht mit *Zeile 2* kombiniert werden, da beide einen gemeinsamen Nachfolger – *Gebäude 6* – haben.

Die Konsistenz von Sichten ist durch die obige Bedingung nur gewährleistet, wenn eine weitere Annahme erfüllt ist: Die detaillierteste Ebene muss vollständig in dem Sinn sein, dass jede Überlappung auf anderen Ebenen dort repräsentiert ist. In dem Beispiel in Abb. 8 war dies der Fall; Abb. 9 zeigt jedoch eine Szene, die aufgrund einer unvollständigen Datenerfassung diese Annahme verletzt. Die Überlappung zwischen *Bezirk A* und *Zeile 1* wird z. B. durch die Konsistenzbedingung nicht aufgedeckt, da beide keinen gemeinsamen Nachfolger in dem DAG in Abb. 9b) haben. In c) ist dagegen eine Vervollständigung der detailliertesten Ebene dargestellt, die die obige Annahme erfüllt und zu konsistenten Sichten führt.

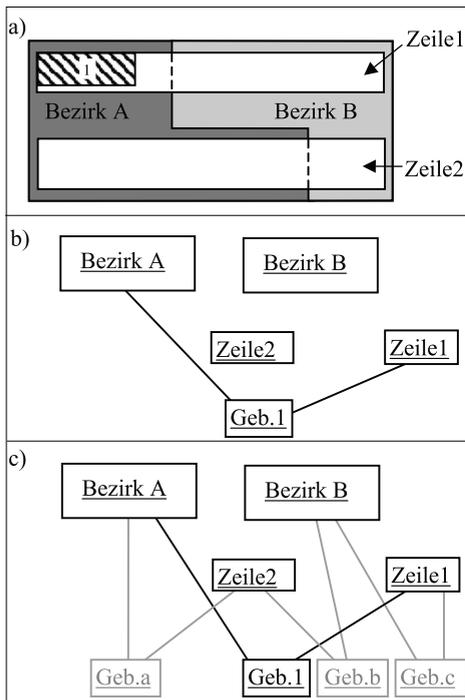


Abb. 9: Eine Szene, bei der die detaillierteste Ebene der Gebäude unvollständig ist (a und b). Die Vervollständigung dieser Ebene (grau) ist in c) dargestellt.

3.4 Verwandte Ansätze

Das Problem der Herleitung der Relationen zwischen verschiedenen, unabhängig voneinander erfassten LoD wird unter anderem in SESTER et al. (1998) und ZIPF & SCHILLING (2003) diskutiert. Diese Ansätze verhalten sich komplementär zu dem hier vorgestellten, da hier der Fokus auf der konsistenten Verwaltung der Beziehungen liegt, und nicht auf deren gegenseitigen Herleitung.

Die Verwaltung verschiedener LoD wird in COORS & FLICK (1998) behandelt, jedoch ausschließlich im Kontext der Visualisierung. Dieser Ansatz ist beschränkt auf den hier betrachteten ersten Fall, bei dem ein Geoobjekt einzelne Repräsentationen in jedem LoD hat. Die schwierigeren Aggregationsbeziehungen werden nicht behandelt. KÖNINGER & BARTEL (1998) stellen Beispiele für hierarchische Aggregationen vor, unterscheiden jedoch nicht zwischen Bestandteils- und LoD-Aggregationen. Die Verwaltung hierarchischer Aggregationen wird ebenfalls in VANGENOT (2002) betrachtet, wobei jedoch der dritte hier behandelte Fall der nichthierarchischen Beziehungen und deren Kombination mit Bestandteilshierarchien nicht berücksichtigt wird.

Die hier beschriebene totale hierarchische Aggregation hat enge Bezüge zu dem Konzept der *Geschachtelten Landkarten* (GRÖGER 2000, PLÜMER & GRÖGER 1996, 1997), die sich jedoch auf die Beziehung zwischen auseinander geometrisch strikt abgeleiteten Geoobjekten – wie z. B. Bundesländer und Landkreisen/kreisfreie Städte – bezieht und nicht wie hier auf unabhängig voneinander erfasste. Das von KAINZ et al. (1993) beschriebene mengentheoretische Konzept des Verbandes (engl.: Lattice) zur Modellierung der Enthaltenseins-Beziehung zwischen Geoobjekten ist wesentlich aufwändiger als das hier beschriebene, da es die vollständige Auflistung aller Aggregationsbeziehungen zwischen allen Hierarchieebenen fordert.

4 Resümee und Ausblick

Die vorgestellte Basismodellierung stellt einen Rahmen für die multifunktionale

mehrskalige Repräsentation von 3D-Stadt- und Regionalmodellen dar. Das Modell setzt die Konzepte des ISO-Standards 19107 um, ist aber gleichzeitig deutlich kompakter in der Darstellung der räumlichen Sachverhalte. Es bildet den Ausgangspunkt für weiter gehende anwendungsspezifische 3D-Stadtmodellierungen. Durch die explizite Modellierung von Geometrie und Topologie lässt sich die räumliche Konsistenz überprüfen und wahren. Gerade geometrisch-topologische Modelle sind besonders zur redundanzfreien Implementation auf der Basis von relationalen, objektrelationalen oder objektorientierten Datenbanken geeignet (OOSTEROM et al. 2002, ZLATANOVA 2000, ULLMAN 1988). Darüber hinaus wurde in dem Beitrag ein Konzept zur Repräsentation räumlicher Objekte in unterschiedlichen Detaillierungsgraden vorgestellt, das die Konsistenz von 3D-Szenen mit gemischt detaillierten Geobjekten über komplexe Aggregationsbeziehungen hinweg sicher stellt.

Mit der Verabschiedung der „Geography Markup Language 3“ (GML 3) durch das Open GIS Consortium (COX et al. 2003) steht nunmehr auch ein Standard zur Speicherung und zum Austausch geometrisch-topologischer 3D-Daten zur Verfügung. Das vorgestellte Modell lässt sich einfach auf GML 3 abbilden; Details sind in KOLBE & GRÖGER (2003) und GRÖGER & KOLBE (2003) beschrieben.

Künftig wird es darum gehen, ausgehend von dem Basismodell spezifische Modelle für bestimmte Anwendungsbereiche zu definieren. In der Special-Interest-Group 3D (SIG 3D) der Initiative Geodateninfrastruktur NRW arbeiten Kommunen, Wissenschaftler und GIS-Hersteller bereits gemeinsam an der Entwicklung eines einheitlichen Datenmodells für 3D-Stadtmodelle, um die Interoperabilität auch auf semantischer Ebene herzustellen (KOLBE 2003).

Ein offenes Problem ist die Berücksichtigung von 3D-Modellen aus dem Architekturbereich. Im *Computer Aided Architectural Design* (CAAD) werden 3D-Objekte typischerweise nicht mittels Boundary Representation, sondern unter Verwendung der konstruktiven Festkörpergeometrie (*Construc-*

tive Solid Geometry, CSG) modelliert. CSG beschreibt 3D-Objekte durch die mengentheoretischen Operationen Vereinigung, Differenz und Schnitt auf volumetrischen Primitiven (FOLEY 1995). Aufgrund der grundsätzlichen Differenz in der Art der räumlichen Repräsentation gestaltet sich die Integration von BRep und CSG schwierig (FÖRSTNER & PALLASKE 1993). Erschwert wird dies ferner dadurch, dass CSG weder in ISO 19107 noch in GML3 berücksichtigt wird.

Danksagung

Die vorgestellten Konzepte stützen sich auf Ergebnisse einer Studie für die Stadt Wuppertal, an der neben den Autoren noch WOLFGANG FÖRSTNER und ANSGAR BRUNN vom Institut für Photogrammetrie der Uni Bonn beteiligt waren. Wir danken den Mitgliedern der Arbeitsgruppe Modellierung der SIG 3D der GDI NRW, insbesondere HARDO MÜLLER und RÜDIGER DREES für die Mitwirkung bei der Weiterentwicklung des Basismodells und der Konzepte zur Modellierung der Detaillierungsgrade. Ferner danken wir INGO PETZOLD für konstruktive Diskussionen sowie DANIELA SCHULZ und TILL BABERG für die Mithilfe bei der Erstellung von Abbildungen.

Literatur

- BOOCH, G., RUMBAUGH, J. & JACOBSON, I., 1997: Unified Modeling Language User Guide. – Addison-Wesley.
- COORS, V., 2001: Feature-preserving Simplification in Web-based 3D-GIS. – In: BUTZ et al. (Eds.): Int. Symp. on Smart Graphics. Proceedings 2001. – ACM Press, New York.
- COORS, V. & FLICK, S., 1998. Integrating Levels of Detail in a Web-based 3D-GIS. – Proc. 6th ACM Symp. on Geographic Information Systems (ACM GIS 98), Washington D.C., USA.
- CORMEN, T.H., LEISERSON, C.E. & RIVEST, R.L., 1990: Introduction to Algorithms. – McGraw-Hill.
- COX, S., DAISY, P., LAKE, R., PORTELE, C. & WHITESIDE, A., 2003: OpenGIS Geography Markup Language (GML3), Implementation Specification Version 3.00, OGC Doc. No. 02-023r4.
- FÖRSTNER, W. & PALLASKE, R., 1993: Mustererkennung und 3D-Geoinformationssysteme. –

- Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, **61** (5): 167–177.
- FOLEY, J., VAN DAM, A., FEINER, S. & HUGHES, J., 1995: Computer Graphics: Principles and Practice. – 2nd ed., Addison Wesley.
- GRÖGER, G., 2000: Modellierung raumbezogener Objekte und Datenintegrität in GIS. – Wichmann: Heidelberg.
- GRÖGER, G. & KOLBE, T.H., 2003. Interoperabilität in einer 3D-Geodateninfrastruktur. – In: BERNHARD, SLIWINSKI & SENKLER: Geodaten- und Geodienste-Infrastrukturen – von der Forschung zur praktischen Anwendung. – Tagungsband der Münsteraner GI-Tage 2003. IfGI Prints 18, Uni Münster.
- GUTHE, M. & KLEIN, R., 2003. Efficient NURBS Rendering using View-Dependent LOD and Normal Map. – Journal of WSCGs (Int. Conf. in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision). Pilzen, Czech Republic, Feb. 3–7.
- HERRING, J., 2001: The OpenGIS Abstract Specification, Topic 1: Feature Geometry (ISO 19107 Spatial Schema), Version 5. OGC Document Number 01-101.
- KAINZ, W., EGENHOFER, M.J. & GREASLEY, I., 1993: Modelling Spatial Relations and Operations with Partially Ordered Sets. International Journal of Geographical Information Systems 7(3): 215–229.
- KOLBE, T.H., 2003: Interoperable Modelle. – GeoBIT 5/2003.
- KOLBE, T.H. & GRÖGER, G., 2003: Towards Unified 3D-City-Models. – In: Proc. of ISPRS Commission IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II, September 8–9, Stuttgart, Germany.
- KÖNINGER, A. & BARTEL, S., 1998: 3D-GIS for Urban Purposes. – Geoinformatica, **2**(1), March 1998.
- MOLENAAR, M., 1992: A topology for 3D vector maps. – ITC Journal 1992-1, The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, The Netherlands.
- OOSTEROM, P., STOTER, J., QUAK, W. & ZLATANOVA, S., 2002: The balance between geometry and topology. – In: RICHARDSON, D. & OOSTEROM, P. (eds.): Advances in Spatial Data Handling. – Proceedings of 10th Int. Symp. SDH 2002, Springer, Berlin.
- OpenGIS Consortium, 1999: The OpenGIS Abstract Specification, Topic 5: Features, Version 4. OGC Doc. No. 99-105r2.
- PLÜMER, L. & GRÖGER, G., 1996: Nested Maps – a Formal, Provably Correct Object Model for Spatial Aggregates. – Proceedings of the 4th ACM International Workshop on Advances in Geographic Information Systems, Rockville, Maryland, USA, ACM Press.
- PLÜMER, L. & GRÖGER, G., 1997: Achieving Integrity in Geographic Information Systems – Maps and Nested Maps. – *Geoinformatica* 1:4.
- SESTER, M., ANDERS, K.-H. & WALTER, V., 1998: Linking Objects of Different Spatial Data Sets by Integration and Aggregation, *Geoinformatica*, **2**(4).
- ULLMAN, J.D., 1988: Principles of Database and Knowledge-Base Systems, Vol. 1. – Computer Science Press.
- VANGENOT, C., PARENT, C. & SPACCAPIETRA, S., 2002: Modelling and Manipulating Multiple Representations of Spatial Data. – Proc. of the Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. – Ottawa, 2002.
- ZIPF, A. & SCHILLING, A., 2003: Generation of VRML City Models for Focus Based Tour Animations. Integration, Modeling and Presentation of Heterogeneous Geo-Data Sources. – In: Proceedings of the 8th Int. Symp. on Web 3D Technology Web3D 2003, March 2003 in Saint Malo, France.
- ZLATANOVA, S., 2000: 3D GIS for Urban Development. – PhD Thesis, ITC Dissertation Series No. 69, The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, The Netherlands.

Anschriften der Autoren:

Dr. rer. nat. GERHARD GRÖGER, Universität Bonn, Institut für Kartographie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn.
Tel.: +49 (0)228 73 1764,
Fax: +49 (0)228 73 1753
e-mail: groeger@ikg.uni-bonn.de

Dr. rer. nat. THOMAS H. KOLBE, Universität Bonn, Institut für Kartographie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn.
Tel.: +49 (0)228 73 1760,
Fax: +49 (0)228 73 1753
e-mail: kolbe@ikg.uni-bonn.de

Prof. Dr. rer. nat. LUTZ PLÜMER, Universität Bonn, Institut für Kartographie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn.
Tel.: +49 (0)228 73 1750,
Fax: +49 (0)228 73 1753
e-mail: pluemer@ikg.uni-bonn.de

Manuskript eingereicht: August 2003
Angenommen: November 2003

A Distinctive Conceptual Data Model for Spatial Highway Information Systems

HANDE DEMIREL, Istanbul

Keywords: GIS application, highway data model, 3D spatial highway information system

Summary: This paper presents a new approach to the conceptual data modeling of 3-D spatial highway information systems. It is shown; the revealed problems of current systems are mainly related with insufficient modeling possibilities of GIS. In order to establish a more generalized approach, highway administrations of various countries are analyzed namely; Turkey, Denmark, Germany and the U.S.A. In this context, after reporting the current status, the identified problems are going to be highlighted. Deficiencies are apparent; being information gaps at the technical and administrative flow and various non-integrated conceptual data models. In particular, the formal data model design methodologies and the multi-dimensional spatial character of road object are lacking. A special interest is going to be paid into topology related problems, which are also related with inadequate handling of multi-dimensionality. The approach presented here bases on the decomposition of geometry, topology and thematic data. The designed concepts are successfully implemented using the integrated approach in one object-relational system and results are evaluated on a pilot project.

Zusammenfassung: *Ein eindeutiges konzeptionelles Datenmodell für 3D-Straßen-Informationssysteme.* Diese Studie stellt einen neuen Ansatz für ein konzeptionelles Datenmodell von 3D-Straßen-Informationssystemen vor. Es wird gezeigt, dass unzureichende Modellierungsmöglichkeiten von GIS-Systemen viele Probleme aufwerfen. Um einen verallgemeinerten Ansatz zu begründen wurden die Straßendatenbestände aus vier Ländern analysiert: der Türkei, von Dänemark, Deutschland und den USA. Nach der Dokumentation des Ist-Zustandes und der Analyse wurden offene gebliebene gemeinsame Probleme herausgearbeitet. Einige Mängel betreffen Informationslücken im technischen und administrativen Ablauf, aufgrund der verwendeten nicht integrierten konzeptionellen Datenmodelle. Insbesondere fehlen formale Datenmodellierungs- und Design-Methoden, was zu Problemen beim Modellieren eines mehrdimensionalen räumlichen Straßenobjekts führt. Von speziellem Interesse sind die auf die Topologie bezogenen Probleme, die ebenfalls mit der unzulänglichen Behandlung der Mehrdimensionalität zusammenhängen. Daher wird bei der Datenmodellierung eine Trennung in geometrische, topologische und Sachdaten-Objekte vorgenommen und konsequent weiterbehandelt. Die entworfenen Konzepte werden erfolgreich auf ein Objekt-bezogenes Datenbanksystem abgebildet, installiert und an praktischen Daten analysiert.

1 Introduction

The Geographic Information System-Transportation (GIS-T) is identified having the highest information technology payoff potential by the highway administration, since this technology can be used as a logical and physical data and method integrator ne-

cessary to the highway sector. Due to such benefits, this technology is highly appreciated and widely implemented. Conversely, the wide spread usage in the world-wide accelerate the identification of problems, limitations and inadequacies of the current systems. In order to achieve a wider perspective and highlight the current situation within

highway agencies, the study is conducted at four countries namely; Turkey, Denmark, Germany and the U.S.A. (DEMIREL 2002). Concentration is mainly given to the following topics; organization structure, user requirements, spatial data acquisition techniques, system architecture, existing information systems and the conceptual data models. During the study, it is examined that, many benefits of GIS technology are not recognized, demands of the organization cannot be fulfilled and the efficiency of spatial technology is mainly underestimated. Even in some situations existing systems have not been updated since the system implementation.

In the frame of this paper the current problems of spatial highway information system is clearly outlined. Within these, problems related with topology and the inadequate handling of multi-dimensionality is going to be emphasized. In order to diminish the current problems, to provide the required integrity and the efficiency, a new conceptual data model is going to be introduced, which ensures integration of all relevant data and business operations for the entire agency. Furthermore, the multi-dimensional road information, using a non-planar approach, is successfully modeled. The designed concepts are implemented on a pilot project and results are discussed.

2 Current Status

Highway administrations, being one of the major governmental organizations, provide services and coordination at a national and international level to ensure the mobility of people and goods. This complex mission requires diverging tasks to be accomplished by means of various methods, depending upon required generalization level and quality of information. At the current status, responding various user requirements separately, such as pavement information system, tunnel information system or traffic safety information system, reveals the commonly used approach. However, several deficiencies are apparent; being information gaps at the technical and administrative

flow, various non-integrated conceptual data models, lack of formal data model design methodologies and problems with modeling multi-dimensional spatial character of road object. Since the data used by the highway agency mainly have spatial character, several additional problems emerge. The spatial data acquisition requires the highest efforts and costs, due to the high level necessity of completeness, actuality, correctness and well-defined data structure (BILL 1999). The parallel usage and maintenance of several systems, requires collection, modeling and maintenance of spatial information redundantly, increasing the costs of the implemented systems and reducing the efficiency. Although, the well-defined data structure is obligatory, conceptual data models of the implemented systems are not formally designed and documented. Software vendors' proprietary databases are used for storing spatial information. Other information sources, such as existing databases, are then linked to the system as non-spatial information. However, due to the nature of road object, these sources include multi-dimensional spatial information. Road information can be 1-D (linear referencing systems), 2-D (planar coordinates), 3-D (planar coordinates and height information) and 4-D (time in case of dynamic objects) depending on the usage. The road object is associated with three different referencing systems illustrated in Fig. 1.

Excluding the planar coordinates, other dimensions, which have implicit references such as road identifier, name, stationing val-

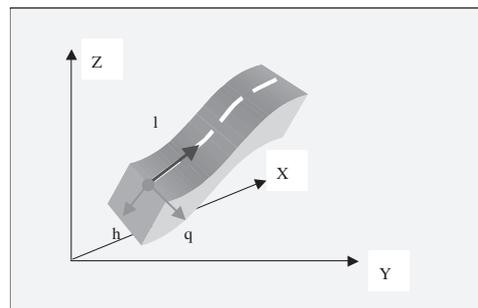


Fig. 1: Reference Systems.

Tab. 1: A Sample Text.

Road	Class	Nr. (LFD)	From Node (VNK)	To Node (NNK)	From Station	To Station	Length	Alignment	Type	Radius	Clothoid Radius
B 2	B	46	3347012	3347010	0	84	3028		G	0	0
B 2	B	46	3347012	3347010	84	208	3028	R	R	600	0
B 2	B	46	3347012	3347010	208	455	3028		G	0	0
B 2	B	46	3347012	3347010	455	575	3028	R	R	350	0
B 2	B	46	3347012	3347010	575	597	3028	R	A	80	350
B 2	B	46	3347012	3347010	597	617	3028		G	0	0
...

ue, gradient value, are considered as non-spatial information. This approach concludes several problems during the system maintenance, since road object is subject to change. Redundant information storage and mismatch of information is common. Furthermore, although generally relational databases are in usage, fundamental principles of database design are lacking. A sample used in a spatial highway information system is presented in Tab.1, which contradicts to the second normal form.

The current data modeling approaches are not sufficient to appropriately model the spatial information. Even though these approaches are highly expressive, they present limitations to the adequate modeling of spatial information, since they do not include geographic primitives that would allow for a satisfactory representation of spatial data (BORGES 2001). Furthermore, these geometric primitives are not sufficient to realistically model the real-world road phenomena, such as clothoid. In case of dynamic transportation phenomena and facilities, the user requirements in 3-D and 4-D cannot be adequately responded. Although the basic philosophy of the most GIS approaches is discrete handling of geometric and thematic data, such decomposition has not been implemented satisfactorily. This is generally due to a lack of clarity in the separation of geometric and thematic data, unrecognizing multi-dimensionality, as well as the widespread practice of integrating geometry with

topology. At the standard GIS conceptual data models, only one line or string is available representing both geometry and topology. In spite of some advantages, such as the reduction of total data storage requirements and increasing the spatial query processing performance, many disadvantages arise with data maintenance. Since in case of road object the geometry information in the system is frequently altered, displacements in geometry also affect topology. Therefore, data maintenance is required for both topology and geometry after every geometrical displacement. Additionally, since topology information is related to 1-D, 2-D and 3-D, multiple representations of topology are required in the applications.

Due the complexity embedded in GIS-T, according to (GOODCHILD 1998), (THILL 2000) extensions are needed to handle particular structures. One of them is planar versus non-planar model, wherein topological representation differs from cartographic representation by not forcing nodes at cartographic intersections. However, at the models evaluated all topologies are planar. The planar topology is based on the well-known graph theory, where links cannot cross each other without creating an intersection. The crossing links must therefore have to be splitted into several individual links. The planar networks have several advantages being; common and simple. Furthermore, the currently used programs for transportation applications employ algorithms based

on the planar model. However, planar topology do not reflect the reality in case of road networks, where links can cross without creating intersection such as bridges, tunnels, overpasses, underpasses. In order to alleviate this problem, 'virtual nodes' have been introduced into the system, as in the Geographic Data Files (GDF) standard. The GDF, which is especially designed for vehicle navigation purposes, is mainly adapted from other GIS models; therefore 'virtual node' approach is widely used. A complete solution is not provided, since the planar model is inherently two-dimensional. Furthermore, due to the logical links produced for large number of road segments, which in reality represent a single continuous feature, high input and maintenance efforts are required. This intensive process of maintaining various features generally results introducing a significant amount of error into databases. Other complications arise in data update and maintenance when road is realigned. As a result, road information and many business functions, such as freight transportation management, real-time congestion management, traffic safety analyses cannot be efficiently utilized with the current systems. These problems mainly conclude insufficient user requirement responses, unpredicted data integration problems and finally lack of efficiency.

3 The Conceptual Data Model

In order to diminish the determined problems and cover the issues highlighted by the highway agencies, a conceptual data model is designed. During the constitution of external schema, a progressive approach appropriate to the conceptual data modeling requirements of an entire highway agency is reflected on. Furthermore, considering the peculiarity of spatial information, research on implemented systems and according to the previous studies conducted (VONDEROHE 1997, VIS 1998, NWSIB 1998, NCHRP 1998, GIELSDORF 1998, BMVBW 1998, OKSTRA 2000, DUEKER, 2000, SUTTON 2000, PORTELE 2001), a criteria list is constituted. A model for this purpose should

ensure 1.) conceptual decomposition of topological, geometric and thematic information 2.) support for multiple topological representation and various abstraction levels 3.) non-planar topological model 4.) integration of multi-dimensional road information in 3-D 5.) model for operational rules 6.) integration of existing databases 7.) incorporation of metadata 8.) interfaces to existing standards 9.) permanent non-spatial unique feature identifier

3.1 Overview

The main approach of the proposed data model is abstraction and decomposition of geometry, topology and non-spatial data. The data model is designed with four distinct components; being geometry, topology, road events and metadata. The basic component of the proposed data model is geometry, which the model is diverging from standard GIS models. In most GIS, geometry plays a secondary role compared to thematic data and conventionally used for graphical visualization. Consequently, it is redundantly implemented. The geometry component here is subdivided into three categories; point geometry, linear geometry and area geometry. The point geometry is defined in terms of a three-dimensional coordinate system, including height information. In order to achieve data integration, control of redundancy and optimization of data maintenance, linear elements were mapped by means of datum invariant parameters, which are either horizontal or vertical planes. The planar linear elements have three parameter types; line, arc and clothoid. Area geometry may be either planar or non-planar. By considering geometry to be the basic component, many of the problems noted are avoided.

Non-spatial information is introduced into the system as road event. The 'Road Event' object stores all non-spatial information including the attributes, occurrence and physical components of the road. The thematic road data has no spatial character including the third-dimension. The geometrical properties of the road data is provided

by referencing the geometry component of the model fully in third dimension.

The metadata component includes integrity constraints, history and quality. In GIS, due to redundancy, integrity constraints are required wherever geometry interacts. Several additional integrity constraints are defined externally in order to validate geometry and topology. The history for all objects and relationships is stored in the 'History' object, adopting the transaction log approach. The quality aspect is implemented using member methods of the individual objects. The history approach is not followed, since it is very unlikely that errors or poor quality data needs to be re-

generated. Using this approach the quality of the current data is reproducible at any time in the form of documents or tables. During the proposed data model, the quality control, error trapping, data consistency checks and acceptance tests are designed which will definitely increase acceptance and the success level of the system.

3.2 The Topology Component

Topology, being non-planar and having abstraction levels, is modeled as a logical abstraction of geometry. According to the user assessments, two abstraction levels are sufficient. The main elements of topology are

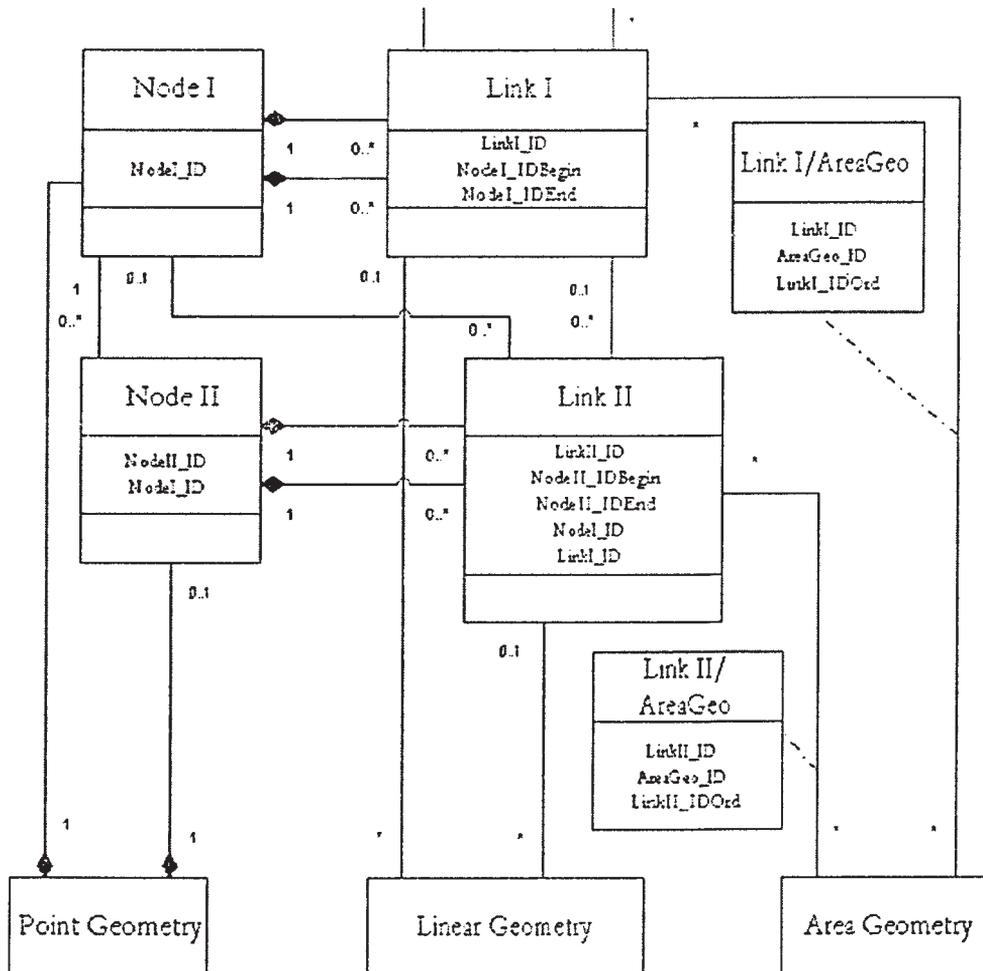


Fig. 2: The Topology Component.

node and link. These elements are adapted from traditional planar networks corresponding mathematical graphs. In order to define a link, beginning and ending nodes are required. A node can be assigned to many links. In the data model with two 1:0..* aggregation associations are used for this relationships. Associations between node and link are applied to both abstraction levels, using the same aggregated associations. The modeled objects and their relationships can be examined in the Fig. 2 in detail.

Relationships between abstraction levels are modeled as follows: 'Node I', being a higher abstraction level may be composed of 'Link II' and 'Node II'. Between the first level topology element node ('Node I') and second level topology element node ('Node II') a 1:0..* relationship is assigned. This relationship maps reality adequately. 'Node I' may be composed of many nodes ('Node II') and every 'Node II' is assigned to object 'Node I'. The relationship between 'Node I' and 'Link II' is modeled as 0..1:0..*, where 'Node I' may be composed of second level links ('Link II') and a second level link ('Link II') may be assigned to 'Node I'. Road junctions are examples of such situations. The relationship between 'Link I' and 'Link II' is modeled as 0..1:0..*, where 'Link I' may be composed of second level link's ('Link II') and a second level link ('Link II') may be assigned to 'Link I'. The merging and subsequent separation of divided highways is an example of this, which is presented in Fig. 3.

Relationships between topological and geometrical components are described using the modeled associations. A node is represented at the geometrical level by a point. 'Node I' and 'Node II' have a 0..1:1 relationship with respect to 'Point Geometry'. A node must be represented with a point, but a point need not be a node. This relationship is valid for both abstraction levels. 'Linear Geometry' has a relationship between the two abstraction levels; 'Link I' and 'Link II'. Between Link ('Link I' and 'Link II') and 'Linear Geometry' a 0..1:1..* relationship is assigned. A link may be



Fig. 3a: An Air-photo, representing reality.

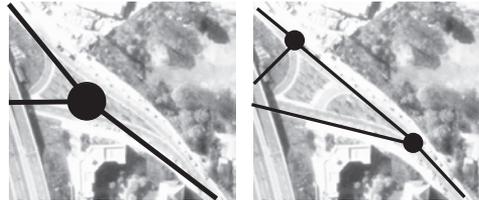


Fig. 3a: I-Level

Fig. 3b: II-Level

Fig. 3: Topology Abstraction Levels.

composed of many linear geometry elements and a linear geometry may be assigned to one link. The N:M association between topological element link and 'Area Geometry' is realized using association tables 'LinkI/AreaGeo' for the first level, and 'Link II/AreaGeo' for the second.

In order to obtain non-planar topology, vertical alignment elements of the entire network are required. With the designed objects at the conceptual data model geometry component 'Linear Element Vertical', 'Point Geometry' and 'Linear Geometry' object method *Detecting Alignment Elements*, vertical alignment elements are achieved. This method is based on the detection of alignment elements realized over significant parameters and elements, with the help of curvature diagram and applied for both vertical and horizontal alignment. If the beginning point and beginning tangent angle is known, with an approximation, alignment element parameters and their sequence can be uniquely defined (GRÜNDIG 1988). The curvature diagram is a graphical representation of the curvature (k), where (k) is defined with respect to stationing length (l) as;

$$k = \frac{d\tau}{dl}$$

Therefore, alignment elements can be identified with simpler functions being; straight lines parallel to axis, straight lines not parallel to axis and quadratic parabola. Since the geometrical element clothoid is not used for vertical alignment by the agency, two functions being; straight lines parallel to axis and straight lines not parallel to axis is relevant for the vertical alignment. For each point of the alignment, where the bearing angle is a function of stationing value, the cartesian coordinates (x, y, z) of points of the vertical (or horizontal) alignment results detecting the alignment elements with the use of simple functions integration. Adjacent elements have to fulfill conditions of transition in order to enforce the smoothness of the alignment and of its first derivative. In order to achieve the optimum result, additional constraints for geometrical and driving dynamics are considered in the adjustment model as observations. As result of these analysis, sequence of alignment ele-

ments, element type, radius, stationing values, coordinate list of alignment main points with approximation values are obtained.

3.3 Implementation of Topology

The proposed concepts are implemented on a pilot project using the data provided by the Brandenburg State Office for Traffic and Roads (BLVS), Germany. The sample data is located in an area to the northeast of Berlin around road B2. It is received in MapInfo (*.mif) and (*.dbf) format, in which the regulations of ASB (der Anweisung Straßen-Informationsbank) is used. The vertical and the horizontal alignment elements are present as non-spatial information. The available height information is the road gradient and road inclination values, which are linearly referenced (1-D) using the link-node method.

The proposed concepts are implemented after the constitution of physical data mod-

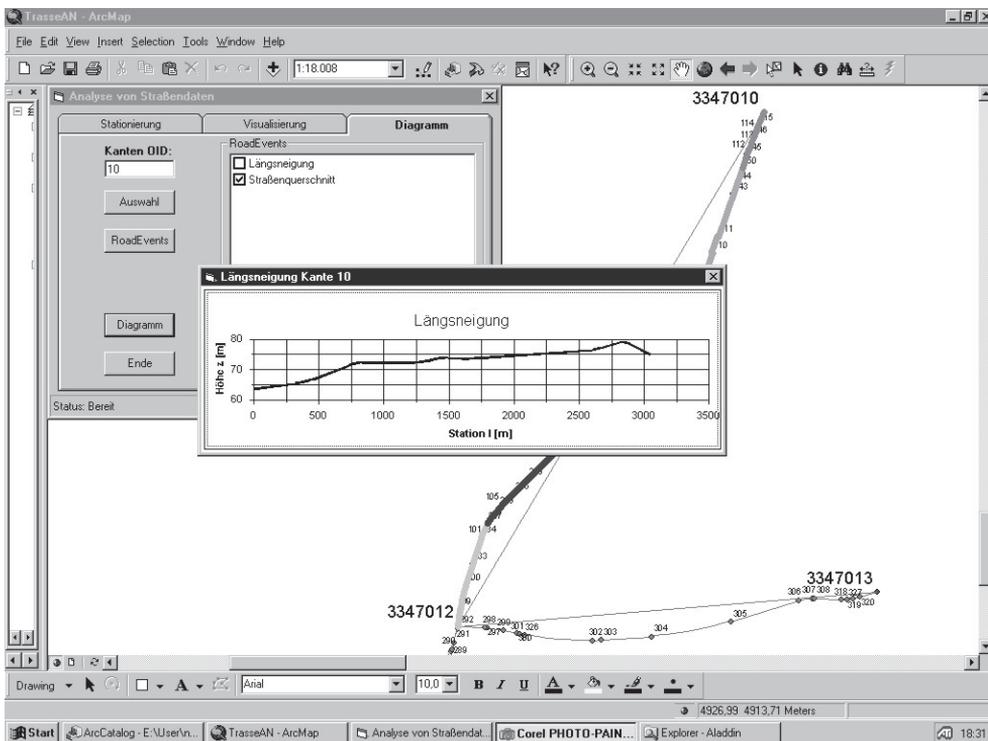


Fig. 4: The Vertical Linear Elements.

el. An object-relational database management system (DBMS), Oracle8i, with its Spatial Data Option extension and Microsoft Visio is used. The concepts are implemented on both ArcInfo8™ and Geomedia Professional 3.0, in order to compare the system feasibility and performance. Using the 'Detecting Alignment Method' and available height information non-planar topology is achieved. Topology component is implemented as anticipated in the conceptual data model, shown in Fig. 4. An additional interface is designed in order to display non-planar topology. (PFANMÖLLER 2001)

In the pilot project the usage of vertical and horizontal geometric elements are practical and sufficient. However, in many cases, it is costly to employ such information. Although this information is widely used in daily operations, often it is not in digital form. In case of unavailability of vertical elements, non-planarity can be obtained using Digital Terrain Model (DTM) since the height information for the entire highway network can be achieved. However, several problems are apparent. Firstly, the accuracy required in applications, such as freight management and traffic safety, cannot be accomplished economically. As DTM accuracy is tightly correlated with the data collection method and the map scale, costs increase as the provided accuracy increases. Additionally, having high accuracy DTM data will not alone fulfill the requirements of applications. DTM does not match with road structures such as bridges, tunnels and overpasses in a one-to-one manner.

In order to solve this problem, other data sources, such as; geometrical design regulations, minimum overpass height, driving dynamics and traffic safety regulations, can be introduced to the system. However, in this case the solution is not unique, leading to redundancy. The control of redundancy can be achieved by means of adjustment techniques and also certificate the quality. This process is performed iteratively, until $\sum v_i^2 P_i$ is minimum and all conditions are fulfilled. Since an adjustment approach allows for a change of all parameters while simultaneously enforcing constraints together with

the tolerance of the constraining points, the risk of introducing very "strong" constraints should be minimized. It can be done by loosening the "strong" constraints until the appropriate solution is achieved. Consequently, when the proposed method is applied to a system using DTM of lower accuracy, the non-planar topology can also be optimized for the entire highway network and expectations are fulfilled at low cost.

4 Conclusion

In order to increase the efficiency and highlight the benefits of GIS-T, this study considered a progressive approach appropriate to the conceptual data modeling requirements of an entire highway agency. The designed conceptual data model presents a considerable departure from traditional planar, centerline based, transportation network in order to comprehend the user assessments. In order to provide an efficient data management within highway administrations, the main approach of the proposed data model is abstraction and decomposition of components being geometry, topology and non-spatial data. The topology is independent of geometry, which in many other data models is ignored. A fully non-planar topology model is adopted here in order to resolve the current problems, supporting different abstraction levels. The conceptual data model designed fulfills the criteria list constituted in an optimized manner. Using this approach it is also possible to maintain other linear objects, which are topologically separated. Using this approach for rail network will be explicitly beneficiary for many applications at GIS-T, such as traffic safety and management of inter modular transportation.

Acknowledgements

This study is a part of DEMIREL's Ph.D thesis at the Berlin Technical University supervised by Prof. Dr. GRÜNDIG, Prof. Dr. ALTAN and Dr. GIELSDORF. The author of this paper would like to express her sincere apprecia-

tion to Brandenburg State Office for Traffic and Roads, Danish Road Administration and General Highway Administration, Turkey for their collaboration and valuable contributions.

References

- BILL, R., 1999: Grundlagen der GeoInformationssysteme. Band I: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. – pp. 167–172, Wichmann, Heidelberg. ISBN 3-87907-326-0.
- BMVBW, 1998: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr. Anweisung Straßeninformationsbank ASB 92. – Verkehrsblatt-Sammlung, Nr. S 15011998.
- BORGES, A.V.K., DAVID JR., C.A. & LAENDER, A.H.F., 2001: OMT-G: An Object-oriented Data Model for Geo-graphic Applications. – *Geoinformatica* 5(3): 221–260, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- DEMIREL, H., 2002: An Integrated Approach to the Conceptual Data Modeling of an Entire Highway Agency Geographic Information System (GIS). – Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission bei der C.H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München, Germany. ISBN: 3-7696-9593-3.
- DUEKER, J.K. & BUTLER, J.A., 2000: A geographic information system framework for transportation data sharing. – *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, Volume 8, Issues 1–6: 13–36, Elsevier Ltd.
- GIELSDORF, F., 1998: Datenmodellierung für Gleisnetze und Schaffung eines einheitlichen Raumbezugssystems. – Deutsche Geodätische Kommission, München. ISBN 3-76969-531-3.
- GOODCHILD, M.F., 1998: Geographic Information Systems and disaggregate transportation planning. – *Geographical Systems* 5: 19–44.
- GRÜNDIG, L., 1988: Datenverwaltungskonzepte für typische Aufgaben aus der Ingenieurgeodäsie. – Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 336: 38–43.
- NCHRP, 1998: National Cooperative Highway Research Program: Development of System and Application Architectures for Geographic Information Systems. – *Transportation Research Results Digest*, Transportation Research Board, National Research Council, Number 221, USA.
- NWSIB, 1998: Straßeninformationsbank Nordrhein-Westfalen. – Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Referat Öffentlichkeitsarbeit.
- OKSTRA, 2000: Standardisierung graphischer Daten im Straßen- und Verkehrswesen, Teil 2 – Realisierung, Teilbericht B: Ergebnisse der Teilprojekte. – Forschungsbericht FE-Nr. 09.092 G95 D.
- PFANNMÖLLER, N. & OHEIM, F., 2001: Realisierung eines GIS-Datenmodells für Straßendaten unter besonderer Berücksichtigung von linearen Referenzsystemen. – Diplomarbeit Technische Universität Berlin.
- PORTELE, C., 2001: Stand und Weiterentwicklung des OKSTRA. Arbeitsausschuss 9.7. „Grundsatzfragen der Datenverarbeitung“, Arbeitsgruppe 9: „Sonderaufgaben“ – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).
- SUTTON, J.C. & WYMANN, M.M., 2000: Dynamic location: An iconic model to synchronize temporal and spatial transportation data. – *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, Volume 8, Issues 1–6: 37–52, Elsevier Ltd.
- THILL, J.C., 2000: Geographic Information Systems for transportation in perspective. – *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 8, Issues 3–12, Elsevier Ltd.
- VIS, 1998: The Road Sector Information System. – VIS-organisationen v/ Vej-direktoratet, Vej-datacentret, Kobenhavn. ISBN 8-77491-660-2.
- VONDEROHE, A., CHOU, C. et al., 1997: A Generic Data Model for Linear Referencing Systems. – NCHRP, Subject Area: IA Planning and Administration, Number 218, USA.

Address of the author:

Dr. HANDE DEMIREL, Istanbul Technical University, Division of Photogrammetry 34469, Maslak, Istanbul, Turkey
Tel.: +90-212-285 61 10
Fax: +90-212-285 65 87
e-mail: hdemirel@ins.itu.edu.tr

Manuskript eingereicht: August 2003
Angenommen: September 2003

Berichte

Photogrammetric Image Analysis (PIA'03)

München, 17.–19. September 2003

Die dreitägige gemeinsame Konferenz der ISPRS-Arbeitsgruppen WG II/IV *Systems for automated geo-spatial data production and updating from imagery*, WG III/4 *Automated object extraction*, WG III/5 *Algorithms for industrial vision* und WG III/6 *Multi-source vision* fand unter dem Titel *Photogrammetric Image Analysis* an der Technischen Universität in München (TUM) statt. An der Vorbereitung und Durchführung der Veranstaltung waren maßgeblich beteiligt: HEINRICH EBNER, CHRISTIAN HEIPKE und HELMUT MAYER mit ihren Mitarbeitern.

Schon im Vorfeld ließ die Konferenz ein hohes Niveau erwarten. Alle Beiträge waren zur Begutachtung als „Full Paper“ einzureichen und wurden einer gründlichen „Doppelblind“-Rezension mit jeweils drei Berichtern pro Beitrag unterzogen. Von den 38 eingereichten Beiträgen wurden ein Drittel zurückgewiesen und 26 als Vorträge angenommen.

Daneben gab es vier eingeladene Vorträge. Die Beiträge wurden sowohl auf CD als auch in gedruckter Form in *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXIV, Part 3/W8* veröffentlicht und standen bei Tagungsbeginn zur Verfügung.

Zur Konferenz fanden sich 66 Teilnehmer aus 12 Ländern ein. Wie zu erwarten war dabei ein hoher Anteil (60%) deutscher Teilnehmer vertreten. Vor der Konferenz wurde ein eintägiges Tutorium angeboten, in dem WOLFGANG FÖRSTNER in die statistische Methoden in der projektiven Geometrie für die Bildanalyse einführte. Nach der Eröffnung durch HELMUT MAYER und Begrüßung durch den Vizepräsidenten der TUM ERNST RANK und den Präsidenten der ISPRS JOHN TRINDER sprach der Präsident der Kommission III FRANZ LEBERL in seinem Einfüh-

rungsvortrag *Photogrammetric image analysis – Quo vadis?* über den derzeitigen Stand der Photogrammetrie. Einige seiner Schlussfolgerungen waren: Photogrammetrische Technik ist eine Anwendung der Bildanalyse; Rechnergestützte Verarbeitung visueller Information ist sehr schwer und daher ist der Fortschritt in der Photogrammetrie nicht sehr groß; Es gibt eine Verschiebung hin zur echtzeitnahen Verarbeitung einer beinahe unbegrenzten Anzahl von digitalen Bildern einer Szene.

Die Vorträge (28) waren in acht Sitzungen unterteilt: *Rekonstruktion von Oberflächen und Extraktion von 3D Eigenschaften*; *Gebäudeextraktion*; *Bildsequenzen*; *Straßenextraktion*; *Straßen, Fahrzeuge und Navigation*; *Fernerkundung, Laser und Vegetation*; *Nahbereich und industrielle Bildauswertung und Objektrepräsentation*. Einen Schwerpunkt bildete die Verarbeitung von man-made Strukturen. Betrachtete Objekte waren Gebäude (5), Straßen (5) und Fahrzeuge (3). In den Beiträgen wurden Daten aus dem sichtbaren Bereich (19), LASER (3), SAR(2) und thermischen Infrarot (1) verwendet, wobei in einigen Beiträgen Bildsequenzen(5) und Mehrfachbilder(6) im Vordergrund standen. In 6 Beiträgen wurden bestehende Vektordaten aus Karten oder GIS bei der Prozessierung ausgewertet.

Die fachlichen Beiträge waren durchweg auf hohem wissenschaftlichem Niveau und wurden anschaulich vorgetragen.

Neben den beiden Abendveranstaltungen, der Icebreaker Party und dem Konferenzbankett, gab es am Rande der Konferenz genügend Raum für fachliche Diskussionen. Vor dem Konferenzbankett im Münchner Rathaus hielt ARMIN GRÜN im stilvollen Ambiente des Ratssaales den Vortrag *Relegation or reconstruction – The fateful life of the great Buddha of Bamiyan*. Der Einsatz von Nahbereichstechniken zur Rekonstruktion der zerstörten 53 m hohen Buddhafigur wurde faszinierend dargestellt und unterhaltsam gemischt mit interessan-

ten Hintergründen und Reiseimpressionen von Afghanistan.

Die Schlussworte der Konferenz sprach CHRISTIAN HEIPKE. Er betonte noch einmal die Wichtigkeit der Verständigung mit den Anwendern und der Zusammenarbeit mit der Industrie.

Im Namen der Teilnehmer der PIA'03 möchte ich den Gastgebern für die herzliche Atmosphäre danken und einen besonderen Glückwunsch für den weiteren Weg an Professor HEINRICH EBNER senden, der in seiner Funktion als Leiter des Lehrstuhls für Photogrammetrie und Fernerkundung an der Technischen Universität München in den Ruhestand getreten ist.

UWE STILLA, Karlsruhe/Ettlingen

Optical 3-D Measurement Techniques VI

22.–25. September 2003, Zürich/Schweiz

Vom 22. bis 25. September tagte die sechste internationale Konferenz „Optical 3-D Measurement Techniques“ an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, um im gewohnten zweijährigen Turnus als Plattform des Wissensaustausches in der optischen Messtechnik zu dienen.

Die Veranstaltung wurde von Prof. ARMIN GRÜN und seinem Team vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) der ETH Zürich und Prof. HERIBERT KAHMEN von der Abteilung Angewandte Geodäsie und Ingenieurgeodäsie des Instituts für Geodäsie und Geophysik der TU Wien organisiert. Gesponsert wurde sie durch die ISPRS Kommission V, die IAG Sonderkommission 4 und die FIG Kommissionen 5 und 6. Insgesamt nahmen rund 150 Teilnehmer aus ca. 25 Ländern teil. Am stärksten vertreten waren die Schweiz, Deutschland, Japan, Malaysia, Australien, Kanada und Österreich. Präsentiert wurden 91 Beiträge, die in 18 Vortragsblöcke gruppiert und mit einer Postersession abgerundet wurden.

Aktuelle Entwicklungen in der Geodäsie, Photogrammetrie und Geoinformatik, in Hardware, Software und Methodik eröffnen der optischen 3D-Messtechnik neue Anwendungsgebiete. Neben der Verfügbarkeit von z.B. motorisierten Totalstationen, preiswerten und leistungsfähigen Digitalkameras, Laserscannern und der Möglichkeit der Prozessierung in Echtzeit, führt insbesondere die Integration mehrerer Sensoren zu Messsystemen mit erhöhter Leistungsfähigkeit. Die Konferenz lud Experten des Computer-, Maschinen- und Roboter-Sehens, der Photogrammetrie, Geodäsie und des Vermessungswesens sowie GIS von Universitäten, Behörden, Ingenieurbüros und der Industrie ein, um Probleme und Lösungen aus den einzelnen Disziplinen zu diskutieren und einander näher zu bringen. Einen besonderen Schwerpunkt bildeten zwei Workshops mit den Themen „*Digital Aerial Camera*“ und „*Laser Scanning and 3-D Modeling*“, die das Vortragsprogramm in Teilen thematisch bündelten.

Die Konferenz wurde mit Ansprachen der beiden Organisatoren und des Präsidenten der ISPRS, Prof. JOHN TRINDER, sowie mit dem Vortrag „*Photogrammetry in Functional Genomics*“ von Prof. GAUDENZ DANUSER, USA eröffnet. Die erste technische Sitzung war dem Thema Ausbildung gewidmet und zeigte aktuelle Projekte sowie die Aktivitäten der FIG Kommission 2 und stellte den Masterstudiengang der FH Stuttgart/Hochschule für Technik vor.

Der zweite Konferenztag begann mit dem ersten Workshop „*Digital Aerial Camera*“. In neun Vorträgen wurde über neue Geräte und Verfahren sowie Fortschritte bei Algorithmen und Prozessierung berichtet. In einem ersten Block gaben die Marktführer und involvierten Institutionen Einblick in ihre neuesten Entwicklungen (DLR Berlin, Leica Geosystems Heerbrugg, Starlabo & Universität Tokyo, Z/I Imaging Aalen, IGN Saint-Mande). Der zweite Vortragsblock behandelte Anwendungen und Fragen zur Genauigkeit, basierend auf den vorgestellten verbesserten Technologien.

Am Nachmittag fanden nochmals zwei Vortragsblöcke mit jeweils zwei parallelen

Sitzungen zu den Themen „*New measurement and calibration devices*“, „*Human body and motion modelling*“, „*Image-integrated theodolites*“ und „*Cultural Heritage*“ statt. Die Vielzahl von Anwendungen in den verschiedensten Bereichen demonstrierte, dass die optische 3D-Messtechnik eine Schlüsseldisziplin mit zum Teil hohen Anforderungen an die Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Robustheit und mit der Fähigkeit zur Echtzeitverarbeitung ist.

Im zweiten Workshop „*Laser Scanning*“ wurden zunächst die neuesten technischen Entwicklungen führender Hersteller präsentiert. Anschließend fanden zwei Sitzungen zum Thema „*Registration & Modelling*“ statt. Grundsätzlich wurde betont, dass eine Punktwolke in der Regel noch kein Ergebnis darstellt und zu ihrer Verarbeitung Algorithmen und Methoden benötigt werden, die die enormen Datenmengen effizient und robust prozessieren können. In den beiden Sitzungen ging es um die Orientierung von Punktwolken, die Modellierung von Oberflächen und Objekten, die Verarbeitung von Zusatzinformationen wie Intensitäten oder Farbbilder und die Kalibrierung von hybriden Systemen. Auch Fragen zur Echtzeitverarbeitung und den damit verbundenen hohen Anforderungen an die Automation wurden angesprochen.

Am Nachmittag gab es Sitzungen über „*Mobile mapping*“ (darin z.B. einen Bericht über die Fusion von GPS und Photogrammetrie), „*Cybercity modelling*“ (über die Visualisierung virtueller Realität) und „*Target recognition and tracking*“ (Servo-Tachymeter, Lasertracker). Die Themenbereiche „*Deformation measurements*“, „*Modelling of panoramic camera data*“, „*Image sequence analysis*“ und zwei Blöcke zum Thema „*3-D metrology systems*“ wurden am letzten Konferenztag abgehandelt. Zudem war Gelegenheit gegeben, eine Reihe anschaulicher Posterbeiträge zu studieren und ihren Inhalt mit den Autoren zu diskutieren.

Erwähnt sei noch, dass zu Beginn der Tagung die Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, Bildanalyse und Fernerkundung (SGPBF) mit einer Vortragsveranstaltung und einer Podiumsdiskussion zur

Zukunft der Geomatik „*Geomatik – Quo Vadis?*“ ihren 75. Geburtstag feierte (Siehe auch PFG Heft 1/2004, S. 69/70). Begleitet wurde die Veranstaltung durch eine Ausstellung historischer Messkameras.

Zusammenfassend bot die sechste Konferenz „*Optical 3-D Measurement Techniques*“ eine ausgezeichnete Gelegenheit, die aktuellen Entwicklungen der verschiedenen Messtechnologien, Algorithmen und Prozessierungsmethoden, sowie Hard- und Software dem Teilnehmer näher zu bringen und sowohl Probleme, wie auch richtungweisende Lösungen zu diskutieren. Die Tagung war hervorragend organisiert und stellte eine gute Gelegenheit dar, sich auf internationaler Ebene auszutauschen. Die schriftlichen Beiträge sind in zwei Bänden veröffentlicht unter „*Optical 3-D Measurement Techniques VI*“, Volume I und II, Repro Zentrum ETH Zürich, ISBN 3-906467-43-0. Das Tagungsprogramm und weitere Informationen sind der Internetseite: <http://www.photogrammetry.ethz.ch/optical3d/> zu entnehmen. Die nächste Konferenz zum Thema „*Optical 3-D Measurement Techniques*“ wird, wie von Prof. KAHMEN angekündigt, im Herbst 2005 in Wien stattfinden.

AXEL WENDT, Oldenburg

Automation in der Kartographie – AgA 2003

am 23. und 24. September 2003 in Erfurt

Die 40. Sitzung der Arbeitsgruppe „Automation in der Kartographie (AgA)“ fand im Landesvermessungsamt Thüringen statt. Die Veranstaltung war mit 90 Teilnehmern wieder sehr gut besucht. Durch das Programm führte die neue Vorsitzende der AgA, Prof. MONIKA SESTER aus Hannover, die den Stab der Leitung von Prof. DIETER MORGENSTERN übernahm. Er hat die AG über 15 Jahre geleitet, und es ist ihm in dieser Zeit gelungen, die Sitzungen der AgA als wichtige Informationsbörse der rechnerge-

stützten Kartographie im Umfeld von Verwaltung, Wissenschaft und Industrie zu etablieren. Nicht zuletzt dafür gilt ihm größter Dank.

Nach der Eröffnung der Sitzung durch MONIKA SESTER, überbrachte Prof. G. BRÜGGEMANN die Grußworte des Gastgebers und des thüringischen Innenministeriums. Dann wurden zunächst die Tätigkeitsberichte der Mitglieder der AgA diskutiert, die im Vorfeld der Tagung an alle Teilnehmer verschickt waren. Den größten Teil der Veranstaltung machte allerdings das Vortragsprogramm mit insgesamt 29 Beiträgen aus, die nunmehr im Internet unter der URL <http://www.ikg.uni-hannover.de/aga> zum Herunterladen bereit stehen. Die Beiträge werden darüber hinaus im kommenden Jahr als schriftliche Ausarbeitungen in der Schriftenreihe „Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie“ veröffentlicht und können dann direkt vom BKG bezogen werden. Die Themen der Vorträge betrafen die unterschiedlichsten Bereiche der Kartographie und wurden in sechs Bereiche eingeordnet.

Der erste Themenbereich „*ATKIS*“ begann mit einem Vortrag von BARBARA BAUMANN, die zeigte, mit welchen automatisierten Methoden im LVerMA Thüringen die Herleitung und Generierung von Karten aus ATKIS-Datenbeständen erfolgt. PETER LENZ erläuterte die Herstellung der TK50 in Thüringen, wobei methodisch und gestalterisch derzeit ein Kompromiss zwischen den AdV-Vorgaben und den vorhandenen technischen und personellen Ressourcen geschlossen wurde. Über aktuelle Entwicklungen und Strategien bei den Amtlich Topographischen Karten in Rheinland-Pfalz berichtete DIETRICH SCHÜRER. Dabei stand der Übergang zur neuen Kartengrafik im Vordergrund. Danach stellte JOACHIM BOBRICH ein im BKG entwickeltes Werkzeug zur Generierung von Präsentationsgrafiken für ATKIS unter ArcGIS vor. Um die Möglichkeiten der Datenerfassung mit digitalen Luftbildkameras ging es in dem Beitrag von GERHARD LAUENROTH. In ihrem Vortrag über die Qualitätskontrolle von Geobasisdaten erläuterte FELICITAS WILLRICH ein

Verfahren zur wissensbasierten Verifikation von Geodaten in Luftbildern, das in dem System GeoAIDA realisiert wurde. Im Anschluss sprach ELMAR HAPP über die integrierte Führung von Landschafts- und Kartenmodellen im System der AED-SICAD, wobei der Schwerpunkt auf der Ableitung der Kartengrafik aus ATKIS-Daten lag. Die Speicherung und Verwaltung von ATKIS-Daten in einer Oracle-Datenbank für GeoMedia war das Thema von PETER KAMINSKI. Danach stellte KARL NEUMANN in seinem Vortrag eine GML-Umsetzung von ALKIS vor und zeigte, wie die so repräsentierten Geodaten mittels XML-Standardtechniken in SVG-Kartengrafiken transformiert werden können. AJAY MATHUR sprach dann über die Nutzung multiskaliger Datenhaltung und Generalisierungswerkzeuge für die integrierte Kartographie und Landschaftsmodellierung. Für den Vortrag über die Visualisierung von Multi Resolution Database-Daten trat die Vorsitzende MONIKA SESTER an das Rednerpult. Sie erläuterte in ihrem Referat die Schwierigkeiten im Umgang mit multiskaligen Geodatenbanken und zeigte, wie letztere mit dem Werkzeug ArcGIS verwaltet und graphisch präsentiert werden können.

Der zweite Themenbereich, *Generalisierung und 3D*, wurde durch den Beitrag von BIRGIT ELIAS über die Straßengeneralisierung mit STROKES eröffnet, bei dem das Prinzip der Glattheit von Linienverläufen gemäß der Gestalttheorie für die Ausdünnung des Straßennetzes ausgenutzt wird. MARTIN KADA referierte über die Echtzeitvisualisierung von 3D-Stadtmodellen mittels Impostor, bei der die Ansichten weiter entfernter Objekte während der Animation wieder verwendet werden, was entscheidend zur Beschleunigung der Ausgabe beiträgt. In seinem Vortrag über die Integration von luftgestützten und terrestrischen Methoden zur Ableitung von 3D-Stadtmodellen berichtete CHRISTOPH DOLD über die Fusion von Laserscannerdaten und den Problemen der Objektextraktion daraus. GERHARD GRÖGER trug über Lösungsmöglichkeiten zur Wahrung der Konsistenz bei der Verwaltung und Visualisie-

rung multiskaliger 3D-Stadtmodelle vor. Die Vorstellung von Anwendungen und Technik einer Mobile Augmented Reality Umgebung für geowissenschaftliche Anwendungen war das Anliegen des Beitrags von GUIDO STAUB.

„Fußgängernavigation und Tourismus“ lautete die Überschrift des dritten Themenbereichs, der durch den Vortrag von ARIANE MIDDEL über die 3D-Darstellung und dynamische Platzierung virtueller Wegweiser in 360°-Panoramaansichten eingeleitet wurde. MATTHIAS KOPCZYNSKI stellte ein Verfahren zur Lokalisierung vor, bei dem die Position durch die automatische Interpretation selbst gefertigter Skizzen bestimmt wird. In seinem Beitrag beschrieb CHRISTIAN STERN ein mobiles Touristennavigations- und Informationssystem und berichtete über erste Erfahrungen im praktischen Einsatz. CHRISTOPH HERMANN referierte über die notwendigen Datenstrukturen und Erfassungsmethoden für den Aufbau und die Fortführung der Touristischen Kartenfachdatenbank in Baden-Württemberg.

Der vierte Bereich widmete sich dem Thema „Anwendungen“, wobei ANDREAS BRAß zunächst die Geodatenanbindung im Umweltinformations-Berichtssystem Baden-Württemberg erläuterte. JANA VETTER zeigte in ihrem Vortrag über die Elektronische Seekarte, wie die Geoinformationen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie modelliert werden und in das Netzwerk der internationalen nautischen Informationssysteme eingebunden sind.

Im ersten Vortrag des Themenbereichs „Algorithmen“ diskutierte ULRICH LENK Performanzaspekte bei Delaunay-Triangulationen und erörterte anhand von Laufzeitvergleichen, warum für inkrementelle Verfahren die Triangulation entlang der Erfassungslinie effizienter ist als der Divide-and-Conquer-Ansatz. Das Datenbank-gestützte Matching von Kartenobjekten war Thema des Beitrags von DANIELA MANTEL, wobei Objekte unterschiedlicher DLM mittels semantischer Filterung und Buffer Growing einander zugeordnet werden.

Der letzte Themenbereich, *Geodatendienste/Internet*, wurde von STEFAN KÜPPER er-

öffnet, der den Aufbau, die Inhalte und den Zugriff auf den GeoServer der Landesverwaltung NRW im Rahmen der Geodateninfrastruktur NRW darlegte. Im Anschluss präsentierte BETTINA PETZOLD das System BORIS.NRW, das durch die Kooperation von 83 Gutachterausschüssen die Abfrage der Bodenrichtwerte in NRW bis hin zu amtlichen Gutachten über das Internet erlaubt. ERICH WILMERSDORF zeigte die Umsetzung des eGeoGovernment-Prozesses in der Bauleitplanung am Beispiel der Stadt Wien und ging dabei insbesondere auf die automatische Prüfung und Darstellung von Plandokumenten in GIS ein. Über die Berücksichtigung von ISO- und OGC-Standards in den Produkten der Fa. ESRI und ihre Einbettung in Geodateninfrastrukturen berichtete dann CLAUS-DIETRICH WERNER. Im letzten Beitrag referierte RENÉ THIELE über die konsistente Verwaltung der TOPIS-Objektartenkataloge, wobei gezeigt wurde, wie die Kataloge unterschiedlicher Maßstäbe modelliert und über Datenbankregeln abgeleitet werden können.

Nach dem umfangreichen Vortragsprogramm bestand schließlich noch die Gelegenheit, die verschiedenen Arbeitsbereiche des LVerMA Thüringen kennen zu lernen und den Mitarbeitern bei den Führungen und Demonstrationen über die Schulter zu schauen, wovon die meisten Teilnehmer Gebrauch machten.

Fazit: Auch in diesem Jahr stellte sich die AgA-Sitzung als hochkarätiges Forum zwischen Landes- und Kommunalbehörden, Wissenschaft und Industrie dar, in dem aktuelle Problemlösungen zu klassischen und Innovationen in neuen Bereichen der Kartographie vorgestellt und diskutiert wurden. Ein besonderer Dank für die herzliche Aufnahme und die sehr gute Organisation vor Ort geht an FRANZ-JOSEF GROS und sein Team im LVerMA Thüringen. Der Dank gilt auch BERNHARD WEICHEL und HEINRICH JOCHEMCZYK vom BKG für die wie immer gute Vorbereitung im Vorfeld der Sitzung und die Herausgabe der schriftlichen Beiträge. Die Powerpoint-Folien der Beiträge sind auf der Web-Seite der AgA verfügbar (www.ikg.uni-hannover.de/aga). Die nächste AgA-

Sitzung wird am 21. und 22. September 2004 im Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung der Stadt Hamburg stattfinden.

THOMAS H. KOLBE, Bonn

Denkmäler 3D – Kolloquium

Unter dem Titel ‚Denkmäler 3D‘ fand vom 6. bis 8. November 2003 im Ruhrlandmuseum in Essen ein Kolloquium für Denkmalpfleger, Archäologen, Architekten und Geodäten statt. Angekündigtes Ziel der Veranstaltung war es, an Hand von aktuellen Themen den derzeitigen Stand der Denkmaldokumentation zu erörtern und neue, erweiterte Ansätze aufzuzeigen. Dabei sollte die Diskussion zwischen den „am Denkmal arbeitenden Disziplinen“ einen wesentlichen Aspekt bilden.

Der Fachbereich Vermessungswesen der Universität Duisburg-Essen, das Institut für Denkmalschutz und Denkmalpflege der Stadt Essen/Stadtarchäologie, das Ruhrlandmuseum Essen sowie der Arbeitskreis Nahbereichsphotogrammetrie der DGPF fanden sich als Veranstalter für diesen interdisziplinären Dialog zusammen. Diese interdisziplinäre Ausrichtung ließ schon im Vorfeld erwarten, dass eine fruchtbare Diskussion zwischen Entwicklern und Anwendern moderner Dokumentationsmethodik entstehen könnte. Wohl auch deshalb fand sich mit 120 Teilnehmern und 24 Vortragenden eine überraschend große Anzahl von Interessierten in Essen ein. Die Themengebiete der sechs Vortragsblöcke lassen sich in drei große Gruppen zusammenfassen:

1. Allgemeine Betrachtungen zur modernen Denkmaldokumentation: In diesen Beiträgen wurden zum einen die Anwendungspotenziale der aktuell zur Verfügung stehenden Hard- und Software für die Denkmalpflege vorgestellt. Zum anderen wurden aber auch die Gründe dafür herausgearbeitet, warum die moderne geodätische/photogrammetrische Dokumentationsmethodik noch immer nicht als Standard im

Denkmalpflegebereich etabliert ist. Die Frage von Anwendungspotenzial und Akzeptanz bei den Anwendern spielte in fast jedem der 24 Beiträge eine wesentliche Rolle und war während der drei Tage zentrales Thema in den Diskussionen. Die Frage aus dem Publikum „Wozu brauchen wir das eigentlich?“ zeigte deutlich die Kluft, die es für die Zukunft zu überwinden gilt. Es sind sicher noch große Anstrengungen nötig, um eine viel zitierte interdisziplinäre Arbeitsweise auch in der täglichen Praxis umsetzen zu können. Überdies scheint sich für den Autor eine zweigleisige Entwicklung in der Dokumentationsmethodik herauszubilden: Eine komplexe Erfassung, Modellierung und Darstellung ganzer Bauwerke z.B. unter Einsatz von Laser-Scanning und die punktuelle Nutzung moderner Dokumentations-techniken als Werkzeug für eine konkrete Problemstellung.

2. System- und Software-Entwicklungen zur computergestützten Denkmaldokumentation: Die Systementwicklung schreitet besonders in der Integration der Erfassungssensoren voran. In den Vorträgen wie in der die Tagung begleitenden Firmenausstellung wurden Beispiele gezeigt zur Kombination von geodätischen mit photogrammetrischen Daten in universalen und einfach einzusetzenden Erfassungssystemen für die Bauwerkserfassung. Daneben wurde ein digitales stereophotogrammetrisches System präsentiert und die Weiterentwicklungen im Bereich der Laser-Scanner beleuchtet. Der für die Denkmalpflege besonders wichtige Bereich der Erfassung unter Einsatz von Datenbanken wurde in Beiträgen zur GIS-gestützten Grabungs- und Inventarisierungsdokumentation vorgestellt. Für multimediale Datenbestände wurden die Visualisierungsmöglichkeiten mit modernster Projektionstechnik insbesondere im musealen Bereich dargestellt.

3. Beispiele für die Anwendung in den verschiedensten Praxisbeispielen: Die präsentierten Anwendungsbeispiele deckten nahezu das gesamte Spektrum moderner Dokumentationsmethodik im Denkmalsektor ab – und dies von „Löchern in

der rheinländischen Landschaft“ über „Luftbildauswertung im Projekt Linzi (China)“ bis zu „3D-Vermessung in ariden Gebieten (Tell Basta in Ägypten)“ und der „Kultstätte Sechin Bajo (Peru)“. Dabei erwiesen sich in einigen Projekten die einfachsten Vermessungsverfahren als optimale Dokumentationsmethode, während andere Beispiele mit aufwändigen Visualisierungen glänzen konnten. Die unterschiedlichsten Projekte verdeutlichten sehr anschaulich, dass jede Fragestellung eine individuelle Herangehensweise erfordert. Überdies konnte in manchen Vorträgen eindrucksvoll nachgewiesen werden, wie unverzichtbar geodätische und photogrammetrische Methoden für den Erkenntnisgewinn in der Denkmalpflege sein können.

Für den Erfolg der Tagung trug wesentlich die Einbettung in den besonderen Veranstaltungsort, das Ruhrlandmuseum Essen bei. Der Eröffnungsvortrag „*Pioniere der Luftbildarchäologie*“ von Frau Dr. TRÜMPLER zur aktuellen Ausstellung des Ruhrlandmuseums „*Flug in die Vergangenheit*“ war gelungener Auftakt und erster Höhepunkt zugleich. Das perfekt organisierte Kolloquium fand in angenehmster und anregender Atmosphäre statt, wofür dem Organisationsteam um Prof. PRZYBILLA, Dr. TRÜMPLER sowie Dr. HOPP hier besonders herzlich gedankt sei.

Die Vorträge werden in der Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Vermessungsingenieure e.V. (VDV) als Band 23 mit dem Titel „*Denkmäler 3D – Vermessung, Dokumentation und Präsentation archäologischer Objekte*“ im Frühjahr 2004 erscheinen.

ULRICH WEFERLING, Leipzig

EuroSDR-Test „Building Extraction“

Das *Finnish Geodetic Institute* koordiniert einen von der EuroSDR, Commission III: „Production Systems and Processes“ organisierten internationalen Test zur automatisierten Erkennung und Erfassung von Gebäuden.

Gegenstand der Untersuchungen sind die Ermittlung der Qualität, der Genauigkeit, der Durchführbarkeit und der Wirtschaftlichkeit der

- halbautomatischen Erfassung von Gebäuden mit photogrammetrischer Technik mittels kommerzieller und/oder operativer Systeme,
- halbautomatischen und automatischen Verfahren und Technik zur Erfassung von Gebäuden aus hoch auflösenden Laser-scanner-Daten und die
- halbautomatischen und automatischen Verfahren und Technik zur Erfassung von Gebäuden durch Integration von Laser-scanner-Daten und Luftbildern.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen soll die kommerziellen und operativen Systeme betreffen. Das Projekt ist jedoch auch offen für alle Technologien, die sich im Forschungsstadium befinden.

Die Testergebnisse waren bis Ende Februar 2004 an das *Finnish Geodetic Institute* einzureichen. Ende Mai 2004 soll der Bericht über die Ergebnisse des Projektes vorliegen.

Informationen: JUHA HYYPPÄ, Finnish Geodetic Institute, Department of Remote Sensing and Photogrammetry.

Tel.: +358-9-29 55 50, Fax: 09-29 55 52 00

e-mail: juha.hyyppa@fgi.fi

Arbeitskreise der DGPF

Informationen über Veränderungen:

Dr.-Ing. **ANDREAS BUSCH** hat auf eigenen Wunsch zum 31.12.2003 die Leitung des Arbeitskreises Bildanalyse abgegeben. Dankenswerterweise hat Prof. **FRANK BOOCHS** diese Funktion zum 1.1.2004 übernommen.

Präsident und Vorstand der DGPF danken Herrn Dr. **BUSCH** für die langjährige und sehr erfolgreiche Tätigkeit als Leiter des Arbeitskreises Bildanalyse.

• Arbeitskreis Bildanalyse

Leitung: Prof. Dr.-Ing. **FRANK BOOCHS**
 Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung, Fachbereich I, Fachhochschule Mainz, Holzstr.36, 55116 Mainz, Tel.: 06131-2859672, Fax: 06131-2859699
 e-mail: boochs@geoinform.fh-mainz.de

(Siehe auch PFG 2003, Heft 7, Seite 562 und 602)

ISPRS

Neuordnung der ISPRS-Kommissionen und ihrer Aufgabenbereiche

In Vorbereitung auf den XX. Kongress der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) vom 12. bis 23. Juli 2004 in Istanbul, Türkei wurde eine breite Diskussion zur Aktualisierung der Struktur der Kommissionen und zu deren Hauptaufgaben durchgeführt. Das Ergebnis liegt jetzt vor. Es wurde erarbeitet von Vertretern der Mitglieder-Gesellschaften und vom Vorstand der ISPRS bestätigt. Die neuen Bezeichnungen für die Kommissionen und die Aufgabenbereiche (Terms of Reference) müssen noch von der Generalversammlung im Juli 2004 in Istanbul bestätigt werden. Danach bilden sie die Grundlage für die weitere Arbeit.

Commission I: Image Data Acquisition – Sensors and Platforms

(Kommission I: Bilddaten – Gewinnung, Sensoren und Plattformen)

a) Design and realization of digital aerial and spaceborne missions for Earth observation;

- b) Design, construction, characterization, and installation of imaging and non-imaging sensors (including Optical, IR, SAR, IFSAR, LIDAR etc.);
- c) Standardization of definitions and measurements of sensor parameters;
- d) Integration of imaging and non-imaging sensors with other relevant systems;
- e) Geometric and radiometric properties, quality standards, and factors affecting data quality;
- f) Test, calibration and evaluation of sensors (including laboratory, in-flight, inter-calibration and test fields);
- g) Integrated platform guidance, navigation, positioning and orientation;
- h) Data reception and pre-processing;
- i) On-board preprocessing of data and autonomous systems;
- j) Systems and media for recording sensor data, auxiliary data (time, position, attitude, etc.) and film scanners;
- k) Image and non-image data transfer standards.

Commission II: Theory and Concepts of Spatio-temporal Data Handling and Information

(Kommission II: Theorie und Konzepte zur raum- und zeitbezogenen Datenverarbeitung und Information)

- a) Fundamentals of spatial database design, spatial data structures, spatial analysis and geostatistics, spatial querying, spatial reasoning, spatial and temporal modelling;
- b) Aggregation, generalization, abstraction and rendering of image and vector data;
- c) Spatial decision support systems;
- d) Processing, analysis and modeling of multi-dimensional geospatial data;
- e) System Integration and modeling aspects for data and geoinformation processing;
- f) Interoperability of heterogeneous spatial information systems;
- g) Semantic and geometric integration of heterogeneous spatial information;
- h) Communication and visualization of spatial data;
- i) Data mining, filtering, retrieval and dissemination;
- j) Spatial data quality and spatial model quality.

Commission III: Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis

(Kommission III: Photogrammetrische Computer-Vision und Bildanalyse)

- a) Algorithms for geometric analysis of image data regardless of scale;
- b) Geometric analyses of IR, SAR, IFSAR and LIDAR;
- c) Automated feature and attribute extraction techniques and methodologies from multi-sensor, multi-resolution, multi-spectral, hyperspectral, and multi-temporal imagery;
- d) Fundamental research into image understanding for object detection, recognition, identification and reconstruction;
- e) DEM generation and Integration of three-dimensional modeling concepts into image analysis processes;

- f) Integration of spatial Information systems and object models for object recognition;
- g) Sensor pose determination (including auxiliary information);
- h) Projective and multi-view geometry;
- i) Image sequence analysis;
- j) Algorithms for including features in the orientation processes;
- k) Spatial, spectral and temporal properties of natural and human-formed objects.

Commission IV: Geodatabases and Digital Mapping

(Kommission IV: Geodatenbasen und Digitale Kartierung)

- a) Development, access and management of spatio-temporal databases;
- b) Spatial data infrastructures;
- c) Image-based geospatial databases;
- d) Data libraries, data clearinghouses, data warehouses, distributed archives and access to remote data sources, including metadata and digital data standards;
- e) Web based access, retrieval and dissemination of spatial data, including web-based location-based services;
- f) Integration of spatial information systems and image analysis for database-driven change detection, data capture and updating;
- g) Dynamic spatial information systems, spatial data revision and versioning;
- h) Interfacing 3D models with facility management systems;
- i) Database generation for digital topographic and thematic mapping (including orthoimages and digital terrain models);
- j) Digital landscape modeling and visualization, and large scale urban models;
- k) Global environmental databases and mapping;
- l) Extraterrestrial mapping and spatial information systems;
- m) Analysis of systems and their components for automated and semi-automated digital mapping and geoinformation systems;
- n) Analysis of industry needs and design of systems for production and update of geoinformation.

Commission V: Close-Range Sensing – Analysis and Applications

(Kommission V: Nahbereichsverfahren zur Datengewinnung, Analyse und Anwendung)

- a) Systems and algorithms for real-time imaging, mobile mapping and video processing;
- b) Photogrammetric vision metrology technologies with special consideration of a CAD/CAM and spatial information systems;
- c) Integration and fusion of multiple data sources for advanced object extraction and modeling;
- d) Laser scanning for 3-D representation of objects and scenes;
- e) Close-range image sequence analysis procedures;
- f) Vision-based techniques for visualization, simulation, robotics and animation;
- g) Vision metrology systems and industrial applications;
- h) Photogrammetric techniques in biomedical engineering and human motion studies;
- i) Techniques for architectural, archaeological and cultural heritage applications;

Commission VI: Education and Outreach

(Kommission VI: Ausbildung und Kommunikation)

- a) Promotion of education and training at fundamental, advanced and professional levels;
- b) Promotion of technology transfer, considering account regional needs and resources;
- c) Computer-assisted teaching, training and distance learning;
- d) Innovative techniques for information dissemination on the Internet;
- e) Promotion of youth forum and innovative outreach activities;
- f) Assist the Council in the promotion of ISPRS activities in the regions;
- g) Quality enhancement of content and format of ISPRS publications and Internet home pages.

Commission VII: Thematic Processing, Modeling and Analysis of Remotely Sensed Data

(Kommission VII: Thematische Verarbeitung, Modellierung und Analyse von Fernerkundungs-Daten)

- a) Relationship between spectral, radiometric and temporal properties of objects, their physical and chemical properties and their variations;
- b) Image classification and analysis methodologies;
- c) Analysis of characteristics of multi-spectral, hyperspectral, multi-sensor, microwave and multi-temporal image data for extraction of attribute information;
- d) Methodologies of computer-assisted interpretation and analysis of remotely sensed data;
- e) Validation of data and information using laboratory and in-situ methodologies;
- f) Improving atmospheric modeling for radiometric correction;
- g) Multi-source data fusion and integration techniques;
- h) Modeling of satellite data derived parameters;
- i) Global databases and determination of indicators of change for global modeling, monitoring and sustainable development;
- j) Integration of remote sensing and GIS techniques;
- k) Aerosol and particulate detection and identification.

Commission VIII: Remote Sensing Applications and Policies

(Kommission VIII: Anwendungen und Ziele der Fernerkundung)

- a) Forestry, vegetation, agricultural and biodiversity studies and applications;
- b) Hydrology, oceanography, coastal zone, snow and ice applications;
- c) Atmospheric and weather studies and applications;
- d) Geology, pedology and geomorphology studies and applications;
- e) Monitoring and management of land and water resources;

- f) Land use, human impact and ecosystem analyses;
- g) Disaster monitoring, mitigation and damage assessment;
- h) Hazardous waste and environmental pollution assessment;
- i) Infrastructure, transportation and communications studies and applications;
- j) Satellite and aerial remote sensing policies;
- k) Cooperation with international environmental programs and strategies;
- l) Earth Observation activities to support sustainable development.

Quelle: DOWMAN, I., ISPRS-Highlights, Vol. 8, N° 4, p. 14–17, December 2003

Die ISPRS-Stiftung

Im Oktober 2003 gab der Präsident der ISPRS, Prof. JOHN TRINDER, die Gründung und Anmeldung der ISPRS-Stiftung bekannt.

Vorausgegangen war die Registrierung der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) beim Registergericht in Maryland, USA, als „Non Profit Corporation“ und „Non Governmental Organization“ (NGO) im April 2002.

Es ist vor allem das Verdienst des 1. Vizepräsidenten der ISPRS, LAWRENCE W. FRITZ, diese schon überfällige Registrierung vorbereitet und durchgeführt zu haben. Die ISPRS, der gegenwärtig 176 Gesellschaften und Organisationen aus mehr als 120 Staaten angehören, war bis dahin in keinem Vereinsregister juristisch erfasst.

Nach amerikanischem Recht gehört zur Registrierung einer „Non Profit Corporation“ die Bildung und Anmeldung einer „Stiftung“. Die dafür erforderlichen Unterlagen (Foundation Bylaws, Articles of Incorporation and the Operating Procedures) wurden von L.W. FRITZ erarbeitet. Die juristische Registrierung der Stiftung erfolgte im August 2003.

Die ISPRS-Stiftung ist eine unabhängige Wirtschaftseinheit in den USA, ausschließ-

lich geschaffen für die finanzielle Unterstützung von Projekten und Aufgaben der ISPRS. Es wird angestrebt, Verbindungen zu Stiftungen und Körperschaften in anderen Mitgliedsländern und -Regionen der ISPRS herzustellen zwecks Zusammenarbeit und gemeinsamer Lösung größerer wissenschaftlicher und organisatorischer Aufgaben.

Die Stiftung soll die Bearbeitung von Aufgaben und Zielen der ISPRS in den Bereichen Photogrammetrie, Fernerkundung und Raumdaten-Systeme fördern und unterstützen. Geldmittel sollen zur Verfügung gestellt werden für:

- Auszeichnungen, Preise
- Reisekosten
- Forschungsinitiativen
- Stipendien, Mitgliedschaften
- Praktika, Austauschprogramme
- Fernstudium
- Effektivitäts-Studien
- Hilfsmittel, Literatur
- Teilnahme an internationalen Workshops
- Standardisierungsaufgaben
- Archivierung und Aufbewahrung

Die Stiftung wird demzufolge:

- Unterstützung gewähren zur Verbesserung der Ausbildung in Entwicklungsländern und Entwicklungsregionen,
- die internationale Kooperation fördern,
- Forschungs- und Entwicklungsinitiativen zur Leistungssteigerung und zur Nutzung wissenschaftlicher Ergebnisse unterstützen.

Die Stiftung wird von einem unabhängigen Kuratorium geleitet, das vom Vorstand der ISPRS vorgeschlagen wird und von der Vollversammlung der ISPRS zu bestätigen ist. Das Kuratorium besteht aus 5 bis 11 Mitgliedern, die die gesamte Breite der ISPRS repräsentieren. Zwei Mitglieder können gleichzeitig dem Vorstand der ISPRS angehören. Die Mitglieder des Kuratoriums erhalten für ihre Tätigkeit in diesem Gremium keine finanziellen Zuwendungen oder Entschädigungen.

Der Aufbau der Stiftung setzt voraus, dass Spenden oder andere finanzielle Zuwendungen auf das Konto der Stiftung ein-

gezahlt werden. Die Untergrenze für Beiträge wurde mit 1000 US \$ oder 1300 SFr oder 1000 € festgelegt. Der obere Grenzwert für die gesamten Einlagen der Stiftung beträgt US \$ 750 000.

Anschrift:

The ISPRS Foundation
P.O. Box 6234
Silver Spring, MD 20916, USA
e-mail: foundation@isprs.org
homepage: www.isprs.org/foundation/

Quelle: ISPRS-Highlights, Vol. 8, N° 4, S. 8 u. 28/29, December 2003 und "The ISPRS Foundation"-Faltblatt

ISPRS-Guidelines for Peer Review of Full Papers for ISPRS Events

1. The Organizing Committee of an ISPRS event may choose to peer review some or all technical papers submitted for presentation, in order to ensure the scientific and technical quality of the event. These Guidelines are designed to standardize the review process for ISPRS events, and to ensure that it is transparent to authors. They have been developed specifically for ISPRS Symposia and Workshops. They may be revised in the future to include the review of papers for ISPRS quadrennial Congresses.

2. The Organizing Committee of Technical Commission Symposia and WG events may choose to accept for the event, only reviewed full papers, or both reviewed full papers and papers based on the acceptance of an extended abstract. The two groups of papers may be published in separate volumes or compiled separately in the same volume. Full reviewed papers judged as unacceptable in the review process may be published as papers based on the acceptance of the extended abstract. Full reviewed papers shall be indicated by a heading on each page which states: "This paper has been peer reviewed by at least two ISPRS experts." Papers accepted based on extended abstract will not be considered as peer reviewed.

3. A Review Committee shall be appointed by the Event Organizing Committee to review the papers, comprising international experts with knowledge of the topics of the meeting.

4. Review process.

- Each presented paper shall be reviewed by at least two experts in the field.
- The name and institution of the author(s) AND reviewers of each paper shall be kept confidential from one another. However, the reviewers may specifically waive their confidentiality rights (anonymity).
- Invited papers shall be reviewed by at least one reader.
- In the case of disputed reviews, an additional review should be obtained, or the Chair of the Technical Program Committee/Organizing Committee should resolve the dispute.
- Reviewers may judge papers according to categories such as: 1) scientific contribution 2) professional innovation, 3) review papers, 4) others.
- Reviews may not be as strict as for peer-reviewed journals. Reviewers may assess papers from young or first-time authors from developing countries, recognizing the context and scope of the environment in which they reside.
- The assessment of the papers according to the criteria given in the attached table should be clearly defined with a score of e.g. 1–4.
- Authors shall be informed of the method of computation of the overall score.
- The reviewers should take into account the possibilities of minor improvements to the paper for final submission, before rejecting it.
- Reviewers should also recommend minor improvements to the English expression when appropriate,
- Recommendations for major revisions should be avoided, and in such cases the paper should be rejected.
- Reviewers should not simply complete the review form, but also explain their judgement with separate comments, especially when their scores are low.

SCORE FOR REVIEW OF PAPERS FOR ... ISPRS EVENT

Paper title:

Authors names:

Reviewer's name and full address:

(Will be treated as CONFIDENTIAL unless waiver box is checked.)

◇ I waive confidentiality

◇ I do not waive confidentiality

Date:

Review Item	Score
1. Is the subject appropriate for publication in this ISPRS event (conformance to event topics)?	
2. Is the paper technically correct?	
3. Are equations correct, adequate and necessary, are the used symbols all explained?	
4. Is this a new and innovative contribution (algorithm, method, application, system etc.)?	
5. Is it an original, to a large extent previously unpublished contribution?	
6. Are the aims of the work clearly stated?	
7. Rate the quality of the experimental design, data, analysis and results.	
8. Are interpretations and conclusions sound and justified?	
9. Rate the organisation of the paper and clarity of presentation.	
10. If it is a review paper, is it objective and critical?	
11. Does the paper describe professional innovation?	
12. Does the title clearly reflect the content?	
13. Is the abstract informative?	
14. Is prior work on the paper's topic properly quoted and to a sufficient extent?	
15. Are the references adequate and all necessary?	
16. Are the illustrations and tables all necessary and informative?	
17. Is the text grammatically and linguistically correct?	
18. Give an overall rating of the paper.	
19. Rate your familiarity with the topic (1 = unfamiliar, ... 4 = very familiar).	
20. Recommendation. Choose one of the following:	
(a) accept paper for inclusion in the event in its present form	Yes/No
(b) accept paper subject to MINOR revisions as outlined below	Yes/No
(c) reject paper	Yes/No

21. Please give below any qualifications to the answers to the above questions and additional remarks. This is particularly necessary if your scores of the paper are low.

- Overall assessment criteria for papers shall be 'accept', 'accept with minor revision', 'reject'.
- The duration of the review process should be no longer than FOUR WEEKS.

JOHN TRINDER, President, August 2003

Reviewer Instructions and Review Form

The enclosed paper(s) has been submitted for the ISPRS sponsored event Your cooperation would be appreciated in reviewing the paper(s), and recommending acceptance or rejection for inclusion in a volume of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences of the above event, as a peer reviewed full paper. Please comment on this manuscript using the points attached, and return it electronically to the address below. Presented paper(s) are limited to 6 pages, and Invited Papers 12 pages, as given in the ISPRS Instructions for

Authors (<http://www.isprs.org/documents/orangebook/appb1.html>). All comments shall be passed to the author(s) anonymously (unless reviewer waives his/her confidentiality).

Please return the checklist and any additional sheets and the manuscript (if annotated) within FOUR WEEKS. If this is not possible, please notify the Chairman of the Technical Programme Committee/Organizing Committee (by e-mail) and return the manuscript within one week the latest after receipt of the paper.

The reviewers are expected to assist the author(s) with CONSTRUCTIVE REMARKS and not just complete the checklist. Please rate the manuscript on a scale of 1 to 4 (1 = poor, 2 = acceptable, 3 = good, 4 = excellent) with respect to the items in the attached table. Give the reasons for your ratings under item 21.

Send the filled-out Review Form including separate comments under item 21. and possibly the paper annotated with comments to:

Full details of address of Organizing Committee including e-mail address to be added.

Persönliches

Professor REINER SCHWEBEL zum 65. Geburtstag

Am 13. März 2003 vollendete Prof. Dr.-Ing. REINER SCHWEBEL, einer der bekanntesten Vertreter der photogrammetrischen Geräteindustrie, in Aalen sein 65. Lebensjahr. Geboren in Wolfach im Schwarzwald, studierte er nach dem Abitur in Hausach von 1957 bis 1962 Geodäsie; bis zum Vordiplom in Bonn und danach in Karlsruhe, wo er 1961 auch an einer Vermessungskampagne nach Äthiopien teilnahm. Sein Interesse an der Photogrammetrie bewies er schon damals als erster Diplomand von Prof. SCHWIDESKY und anschließend 1962 durch ein Vertiefungsstudium am ITC in Delft.

Von 1963 bis 1967 war Herr SCHWEBEL Wissenschaftlicher Assistent am Geodätischen Institut der Universität Stuttgart, wo er 1967 bei Prof. RAMSAYER mit der „*Untersuchung instrumenteller Fehler von Universal- und Passageinstrumenten mit Hilfe von Autokollimation*“ promovierte. In diesem Jahr lernte der Autor, der eben von Carl Zeiss nach Stuttgart kam, Dr. SCHWEBEL kennen, der seinerseits 1968 nach Oberkochen wechselte.

Dort arbeitete Dr. SCHWEBEL in dem von Dr. AHREND und danach von Dr. MEIER geleiteten Produktbereich so erfolgreich, dass er 1975 zum Laborleiter „Photogrammetrische Auswertesysteme“ und 1978 zum Entwicklungsleiter „Photogrammetrie“ er-

nannt wurde. Seine allgemeinen Aufgaben waren die Konzipierung und Realisierung von Entwicklungsprojekten. Von 1968 bis 1982 wurden die Analoggeräte Planicart und Planitop, der Stereokomparator PSK 2, der Monokomparator PK 1 und das Punktübertragungsgerät PM 1 entwickelt, sowie die Ballistischen Messkammersysteme BMK 46 und BMK 75. Dazu kam die Entwicklung digitaler Komponenten für Registrierung, Zeichnung, Stereoauswertung und DGM-Messung, sowie die Mitwirkung bei der Entwicklung des analytischen Systems Planicomp.

1982 übernahm Dr. SCHWEBEL die Leitung des Bereiches „Systemtechnik und Produktmanagement Photogrammetrie“ bei Carl Zeiss. Die Aufgaben reichten von Marktrecherchen, Produktgestaltung und Markteinführung von Produkten über Kundenberatung bis zur spezifischen Softwaregenerierung und Systemintegration.

Seit 1995 ist Dr. SCHWEBEL im Ruhestand, aber nach wie vor in fachlicher und persönlicher Verbindung mit Carl Zeiss bzw. Z/I Imaging.

Über die bisherige Tätigkeit hinaus widmet er sich intensiv der Deutschen Normung. 1996 wurde er Obmann des DIN-Arbeitsausschusses „Photogrammetrie und Fernerkundung“. Als Ergebnis dieser Aktivität sind die Teile 1 bis 4 der Normenreihe „Photogrammetrische Produkte“ entstanden. Sie umfassen die Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild, das gescannte Luftbild, das Orthophoto, sowie digitale Luftbildkameras und digitale Luftbilder.

In vielen Fachvorträgen und etwa 40 Publikationen hat Dr. SCHWEBEL über seine Arbeit in Forschung, Entwicklung und Normung berichtet. Seit 1976 hat er Lehraufträge an der Bundeswehr Universität München, an der Fachhochschule Stuttgart und an der Technischen Universität München, die ihn 1994 zum Honorarprofessor ernannte. Sein Fachwissen und die durch ihn gegebene Verbindung zur Geräteindustrie wurden von den Studentinnen und Studenten dankbar angenommen und sehr geschätzt.

Prof. SCHWEBEL ist aber nicht nur ein renommierter Photogrammeter, sondern auch ein ausgezeichnete Ausdauersportler und

Bergsteiger. Seine Leistungen reichen vom Marathonlauf über den Wasalauf im winterlichen Schweden bis zur Besteigung mehrerer Sechstausender in den Anden und im Himalaja. Mit seinen vielseitigen Interessen, seiner Bescheidenheit und seinem freundlichen Wesen hat er weltweit viele Freunde gewonnen. Wir gratulieren REINER SCHWEBEL ganz herzlich zum 65. Geburtstag und wünschen ihm im Kreise seiner Familie – mit seiner Frau, den drei Töchtern und den 6 Enkelkindern – alles Gute für die Zukunft.

HEINRICH EBNER, München

Dr. ZARKO JAKSIC verstorben

Am 20.1.2003 ist der langjährige Mitarbeiter und spätere Leiter der Abteilung Photogrammetrie des National Research Council of Canada, Dr. ZARKO JAKSIC, im Alter von 78 Jahren in Toronto verstorben. Er war im NRC Nachfolger von Dr. TED J. BLACHUT und durch seine wissenschaftlichen Arbeiten vor allem in den sechziger und siebziger Jahren auch in Deutschland sehr bekannt.

ZARKO JAKSIC wurde 1925 in Cantavir in Serbien geboren. Er absolvierte das Geodäsie-Studium an der Universität Belgrad und spezialisierte sich danach auf den Gebieten Aerotriangulation und Photogrammetrische Geräte. Er erwarb den „Master“-Grad und wurde „Assistant Professor“ an der gleichen Universität unter Prof. DRAZIC. 1960 ging er nach Zürich, promovierte dort und folgte 1961 einem Ruf an das NRC Canada nach Ottawa. Von 1980, als Blachut in Rente ging, bis zur Schließung der Abteilung Photogrammetrie im Jahre 1986 war Dr. JAKSIC Leiter des Bereiches Photogrammetrie. Von 1986 bis zu seiner Pensionierung 1990 arbeitete er erfolgreich in der „Canadian Space Agency“.

Von 1980 bis 1984 war ZARKO JAKSIC Präsident der Kommission II der ISPRS.

Alle, die ihn kannten, werden Dr. ZARKO JAKSIC als einen hervorragenden Photogrammeter und bescheidenen, liebenswerten Menschen in Erinnerung behalten.

GEORGE BABBAGE, Ottawa

Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßen wir:

WOLFGANG CZEGKA, 04107 Leipzig

Dipl.-Ing. DIETER GIERSCH, 15345 Rehfelde

JONATHAN HAIG, 30167 Hannover

Dipl.-Geogr. CLAUDIA KÜNZER, 82152 Planegg

Dr. HOLGER LILIENTHAL, 38116 Braunschweig

MARKUS OESTERLE, 74321 Bietigheim-Bissingen

Dipl.-Math. STEFFEN PATZSCHKE, 06110 Halle

SONJA PLEUGER, 10717 Berlin

Dipl.-Geogr. ACHIM RÖDER, 54286 Trier

Dipl.-Ing. SVEN SCHÖBEL, 04155 Leipzig

Prof. Dr.-Ing. WILFRIED SCHWARZ, 99425 Weimar

JENETT TILMANN, 12240 Berlin

Neues korporatives Mitglied:

CONPIE GmbH, Oskar-Frech-Str. 15,
73614 Schorndorf

Hochschulnachrichten

Universität Zürich

Die Arbeit „*Imaging Spectroscopy of Aerosols using a Reference Spectrum Database*“ von Herrn **STEPHAN BOJINSKI** wurde von der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich im Sommersemester 2003 aufgrund der Gutachten von Prof. Dr. Klaus I. Itten, Geographisches Institut, Universität Zürich, Dr.-Ing. Rudolf Richter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Oberpfaffenhofen und Dr. phil. nat. Johannes Keller, Paul Scherrer Institut (PSI), Villingen, als Dissertation angenommen.

Zusammenfassung:

Die Verwendung von Flugzeug- oder Satelliten-gestützter Bildspektrometrie ist in den letzten Jahren für die Bestimmung der Aerosolverteilung in der Erdatmosphäre im regionalen und globalen Maßstab unverzichtbar geworden und hat unter anderem zu einem verbesserten Verständnis der Rolle von Aerosolen im Klimasystem geführt. Sowohl spektrale Eigenschaften der Erdoberfläche, als auch die Zusammensetzung und Kon-

zentration von atmosphärischen Aerosolen beeinflussen das vom Bildspektrometer gemessene optische Signal. Über Landflächen stellt die Trennung dieser Einflüsse ein im Allgemeinen schwieriges Unterfangen dar, wobei das Potential der Bildspektrometrie in dieser Hinsicht bisher weitgehend ungenutzt geblieben ist.

Umfassende Kenntnis der spektralen Eigenschaften von natürlichen oder vom Menschen erzeugten Materialien auf der Erdoberfläche ist für die bildspektrometrische Bestimmung von Aerosoleigenschaften daher von großer Bedeutung. Spektrale Referenzdaten von Oberflächen sind in anderen spektroskopischen Anwendungen ebenfalls unverzichtbar, beispielsweise für geologische Kartierungen, Vegetationsanalysen oder die Bestimmung der Gewässerqualität. Vor diesem Hintergrund wurde die Spektrendatenbank SPECCHIO (Spectral Input/Output) entwickelt, welche über web- und zeilenbasierte Schnittstellen einen einfachen Zugriff auf zurzeit etwa 4000 Spektren ermöglicht. Diese stammen aus allgemein zugänglichen spektralen Sammlungen, Feldmessungen und Modellierungen. Die genannten Schnittstellen erlauben dem Benut-

zer das Einlesen von spektralen Daten, welche in heterogenem (Meta-)Format vorliegen können, sowie interaktives Anfragen, Visualisieren und Herunterladen der gewünschten Daten. Datenmodell und Applikationssoftware zu SPECCHIO können auf einfache Weise zukünftigen Erfordernissen der Benutzer angepasst werden.

Eine neue Methode zur Bestimmung von atmosphärischen Aerosolparametern über Landflächen mit Hilfe der Bildspektrometrie wird vorgestellt, welche spektrale Reflektanzdaten aus SPECCHIO benutzt. Die ARIA (Aerosol Retrieval by Interrelated Abundances) – Methode basiert auf der spektralen Entmischung des Bildspektrometer-Signals im kurzwelligen Infraroten (SWIR), unter Verwendung von Referenzspektren aus der Datenbank, und anschließender Rekonstruktion der Bodenreflektanz im Sichtbaren. Voraussetzungen für diese Vorgehensweise sind ein hoch aufgelöstes und kontinuierliches spektrales Signal am Sensor, ein schwacher Strahlungsantrieb der Aerosole im SWIR sowie die nachgewiesene spektrale Autokorrelation von natürlichen Oberflächenreflektanzen. Anhand von Bilddaten des Flugzeug-gestützten Bildspektrometers *Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer* aus dem Jahre 2000, aufgenommen im Raum Los Angeles (USA) über einem hügeligen Küstengebiet mit variabler Oberflächenstruktur sowie einem Stadtgebiet, wird die aerosol-optische Dicke zwischen Sensor und Boden bei $0.55\ \mu\text{m}$ Wellenlänge mit ARIA bestimmt. Der Vergleich mit herkömmlichen Einzelkanalmethoden (dark target, Kaufman's band ratio) zeigt die plausibleren Resultate für die ARIA-Methode. Ergebnisunsicherheiten dieser Resultate bewegen sich für alle Methoden in derselben Größenordnung. Diese Arbeit zeigt mit ARIA eine neuartige Möglichkeit auf, die räumliche Verteilung von Aerosoltypen und -konzentrationen in der Erdatmosphäre mit Fernerkundung zu bestimmen. Die Genauigkeit der Quantifizierung des Aerosoleinflusses auf den atmosphärischen Strahlungstransport über Land kann mit der vorgeschlagenen Methode erhöht und dadurch die Rolle von Aerosolen

im Klimasystem besser charakterisiert werden.

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)

Prof. Dr.-Ing. ULRICH WEFERLING wurde mit Wirkung vom 1. Oktober 2003 von seiner bisherigen Wirkungsstätte, Fakultät Architektur der Bauhaus-Universität Weimar, als Professor für Vermessungskunde an den Fachbereich Bauwesen der HTWK Leipzig berufen.

Die HTWK Leipzig hat gegenwärtig ca. 5000 Studierende, die sich auf den FB *Bauwesen* (1200) und die FB *Buch & Museum; Elektronik & Informationstechnik; Informatik, Mathematik & Naturwissenschaften; Maschinen & Energietechnik; Polygrafische Technik; Sozialwesen sowie Wirtschaftswesen* verteilen.

e-mail: weferling@fbb.htwk-leipzig.de

Hochschule für Technik; Fachhochschule Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. EBERHARD GÜLCH ist mit Wirkung vom 1. September 2003 als Professor für Photogrammetrie und Geoinformatik an den Fachbereich Vermessung, Informatik und Mathematik der Hochschule für Technik, Fachhochschule Stuttgart berufen worden. Er hat gleichzeitig seine langjährige Tätigkeit bei der Firma inpho GmbH in Stuttgart beendet.

An der Fachhochschule Stuttgart gibt es gegenwärtig die Diplom-Studiengänge *Architektur; Bauingenieurwesen; Bauphysik; Innenarchitektur; Mathematik und Vermessung & Geoinformatik*. Dazu kommen die Bachelor-Studiengänge: *Informatik und Betriebswirtschaft* und die Master-Studiengänge: *Photogrammetry & Geoinformatics; Project Management; Software Technology; Stadtplanung; Sustainable Energy Competence und Umweltschutz*.

e-mail: eberhard.guelch@hft-stuttgart.de



FACHHOCHSCHULE **HOCHSCHULE FÜR**
STUTTGART **TECHNIK**

Stadtplanung – ein Masterstudiengang zur Zukunftsgestaltung von Städten

Mit dem Masterstudiengang „Stadtplanung“ bietet die Fachhochschule Stuttgart – Hochschule für Technik einen in Deutschland noch seltenen Aufbaustudiengang für Hochschulabsolventen und Berufspraktiker an. Architekten und Planer können hier ihre Kenntnisse in der Stadtplanung vertiefen und haben dann mit dem „Master of Engineering“ einen höherwertigen Abschluss – und bessere Karrierechancen. Das besondere Profil des Studiengangs liegt in der Verbindung von Praxis und Theorie.

Der Studiengang richtet sich an Absolventen der Studienrichtungen Architektur, Bauingenieurwesen, Landschaftsplanung, Vermessung/Geoinformatik, Geografie oder anderer raumbezogener Fachrichtungen. Das Studium bereitet auf Tätigkeitsfelder im kommunalen Bereich (Bauämter, Planungsämter) und im privatwirtschaftlichen Bereich (Architektur-, Planungs-, Landschaftsplanungsbüros, Entwicklungsgesellschaften, Immobilienwirtschaft usw.) vor.

Die Studierenden bringen ihre jeweiligen Erfahrungen im Studium ein. Ziel ist, eine ganzheitliche Sichtweise zu fördern und kompetente und teamfähige Stadtplaner auszubilden. Ausbildungsschwerpunkt sind interdisziplinäre Studienprojekte, in denen aktuelle Planungsaufgaben realitätsnah bearbeitet werden.

Inhaltliche Schwerpunkte sind Stadtentwicklung, Städtebau und Stadtumbau, ergänzt durch Fächer wie Soziologie, Verkehrsplanung oder Landschaftsplanung. Besondere Ausbildungsmerkmale sind Städtebaulicher Entwurf, Planungsinstrumente, Planungsrecht und Projektentwicklung, verknüpft mit Methoden und Techniken der Verfahrenssteuerung, der Moderation und der Präsentation. Räumliche Schwerpunkte sind Quartier, Stadt und Stadtregion, wobei sowohl Projekte aus der Region, aus Deutschland sowie dem Ausland bearbeitet werden. Die Region Stuttgart bietet zahlreiche Beispiele für stadtreregionale Kooperation, für den Umgang mit Flächenmangel bei Wachstumsdruck, aber auch für präventiven Stadtumbau angesichts sich verändernder soziodemographischer Rahmenbedingungen.

Das Studium beginnt jeweils im Sommersemester Anfang März. Es umfasst vier Semester. Im vierten Semester erfolgt die Ausarbeitung der viermonatigen „Master Thesis“. Der Studienplan ist modularisiert und in das europaweite Leistungspunktesystem ECTS eingestuft.

Die Bewerbungsunterlagen müssen bis zum 15. Dezember eingegangen sein (für Bewerber aus Nicht-EU-Staaten gilt bereits der 15. Oktober als Bewerbungsschluss). Studiengebühren werden nicht erhoben.

Informationen:

master.stadtplanung@fht-stuttgart.de

<http://www.fht-stuttgart.de>

Tel.: 0711-121-2618; Prof. Dr.-Ing. Detlef Kurth, Stadtplaner SRL, FH Stuttgart – Hochschule für Technik, Fachbereich Architektur und Gestaltung, Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart

Buchbesprechungen

WILHELM BENNING, 2002: Statistik in Geodäsie, Geoinformation und Bauwesen. Herbert Wichmann Verlag Heidelberg. X, 309 Seiten. Kartoniert, ISBN 3-87907-383-X.

Die „Ausgleichsrechnung und Statistik“ ist ein wichtiges Grundlagenfach in den Lehrplänen der Universitäts- und Fachhochschulstudiengänge im Bereich und im Umfeld des Vermessungswesens. Das kürzlich zu diesem Themenkreis erschienene Lehrbuch von Wilhelm Benning ist aus einer entsprechenden, langjährigen Vorlesungsreihe für Geodäten und Bauingenieure hervorgegangen. Es wendet sich gleichermaßen an Studierende der Fachrichtungen Geodäsie, Geoinformation und Bauingenieurwesen wie an Praktiker aus Ingenieurberufen, die ihr Wissen auffrischen bzw. in die Grundlagen der Statistik einbetten wollen.

Das Buch gliedert sich in sieben Kapitel, die aufeinander aufbauen und die im Folgenden kurz skizziert werden sollen. Die Darstellungen sind primär anwendungsorientiert und bieten zahlreiche Abbildungen und Zahlenbeispiele zur Veranschaulichung der Theorie. Auf mathematische Beweise wird weitgehend verzichtet.

In Kapitel 1 werden die Grundlagen der Matrixtheorie beschrieben, soweit sie für die in späteren Kapiteln betrachtete Regressionsanalyse erforderlich sind. Es enthält viele Zahlenbeispiele, die die Anwendung der jeweiligen Formeln verdeutlichen. Die folgenden drei Kapitel stellen die wesentlichen Hilfsmittel aus dem Bereich der Stochastik zur Verfügung. Zunächst werden in Kapitel 2 alle wichtigen Begriffe und Kenngrößen der deskriptiven Statistik eingeführt wie die Häufigkeitsverteilungen (auch im Zweidimensionalen) und mehrere gebräuchliche Lage- und Streuungsparameter. Außerdem werden verschiedene Arten der graphischen Darstellung von Daten vorgestellt.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit den Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, al-

so mit den Zufallsvariablen und mit den Wahrscheinlichkeitsverteilungen und ihren Parametern, auch im Mehrdimensionalen. Außerdem werden spezielle Verteilungen wie die Normalverteilung eingeführt. Ein weiterer Abschnitt ist mit der Fortpflanzung von Messabweichungen befasst, wobei im Falle zufälliger Messabweichungen das Varianz-Kovarianz-Fortpflanzungsgesetz (klassisch: Fehlerfortpflanzungsgesetz) vorgestellt und angewendet wird. Zudem wird ein lineares Fortpflanzungsgesetz für systematische Messabweichungen eingeführt und anhand von numerischen Beispielen veranschaulicht.

Die Elemente der induktiven Statistik sind Gegenstand von Kapitel 4. Nach einer kurzen Einführung in die Stichprobenverfahren werden Methoden der Schätzung für Lage- und Streuungsparameter vorgestellt und charakterisiert. Auch werden verschiedene praxisrelevante Spezialfälle behandelt wie die erwartungstreue Schätzung bei Doppelbeobachtungen.

Die Regressionsanalyse ist Gegenstand des sehr ausführlichen Kapitels 5. Neben den Schätzwerten für die Parameter werden alle relevanten Kovarianzmatrizen hergeleitet. Die Theorie wird wie in den anderen Kapiteln durch numerische Beispiele veranschaulicht. So wird auch die Frage des geeigneten Ansatzes diskutiert; dazu werden identische Daten exemplarisch in den Modellen „Regressionsgerade“ und „Regressionsparabel“ ausgewertet. Den Abschluss des Kapitels bilden kurze Abschnitte zum linearen Modell mit stochastischen Regressoren, zur Regression mit „Fehlern“ in den Variablen sowie zum Bestimmtheitsmaß und zum Korrelationskoeffizienten.

Das folgende Kapitel 6 ist das letzte mit theoretischer Ausrichtung. In ihm werden Konfidenzbereiche und Hypothesentests vorgestellt, wobei alle in der Geodäsie relevanten Fälle betrachtet werden. So findet man Konfidenzbereiche z. B. für den Erwartungswert im univariaten und im multivaria-

ten Fall und für die Standardabweichung. Hypothesentests sind angegeben für einen und für zwei Erwartungswerte, für eine und für zwei Varianzen, für die Struktur der Kovarianzmatrix und auch für Hypothesen über Regressionsparameter. Das Kapitel schließt mit einem Abschnitt über die Theorie der Fehler 1. und 2. Art.

In Kapitel 7 sind typische Beispiele zur Regressionsanalyse zusammengestellt wie die überbestimmte Ähnlichkeitstransformation, die vollständig numerisch berechnet und anschaulich erläutert wird. Weiter zu nennen ist die Ausgleichung von Höhen- und Lagenetzen, bei der die Linearisierung von Beobachtungsgleichungen exemplarisch gezeigt und das Data Snooping zur Suche nach Ausreißern in den Beobachtungsdaten vorgestellt wird. Entsprechende Kenngrößen der inneren und äußeren Zuverlässigkeit werden eingeführt und ausgewertet. Nicht zuletzt werden Hinweise gegeben zur praktischen Vorgehensweise bei der Ausgleichung sowie zur Interpretation der Ergebnisse.

Der Inhalt des Buches entspricht zu einem guten Teil dem, was in den Grundlagenveranstaltungen zur Ausgleichungsrechnung und Statistik benötigt wird und umfasst sowohl die theoretisch ausgelegte Vorlesungskomponente als auch die anwendungsorientierte Übungskomponente. Zum Verständnis des Textes genügt sicherlich die Mathematik, die in den Ingenieurwissenschaften in den Anfangssemestern gelesen wird. Das konsequent durchgehaltene Schema, mathematische Definitionen und Formeln mit numerischen Beispielen und anschaulichen Abbildungen zu unterlegen sowie die Ergebnisse im jeweils relevanten Kontext zu betrachten und zu werten, ist nicht nur im Hinblick auf die oben genannten Zielgruppen didaktisch sehr wertvoll.

Bei einführenden Lehrbüchern ist es nicht schwer etwas zu finden, das vermeintlich nicht oder nicht vertieft genug behandelt wurde. Doch sollte dies mit Bedacht und unter Berücksichtigung der Zielsetzung des Autors geschehen. Mit Blick auf die üblichen Inhalte in der Ausgleichungsrechnung und Statistik würde sich der Rezensent bei-

spielsweise einen Abschnitt wünschen über die nichtzentralen Verteilungen, die in der Zuverlässigkeitstheorie benötigt werden, über die mehrdimensionalen Hypothesentests, mit denen geschätzte Punktpositionen geprüft und beurteilt werden können, und die damit verbundenen Grenzwertellipsen. Eventuelle Ausführungen zu den S-Transformationen bei freien Netzen wären ebenfalls hilfreich.

Nichtsdestotrotz ist das Fazit schnell gezogen. Die anvisierte Zielgruppe wird sicherlich erreicht, die Darstellung ist sehr anschaulich und in sich abgeschlossen. Das Buch ist so, wie es sich viele Studierende als Einführung in und als Begleitung durch die Ausgleichungsrechnung und Statistik wünschen und kann deshalb uneingeschränkt empfohlen werden.

HANSJÖRG KUTTERER, München

HORST NEUMANN, 2003: „Management im Ingenieurbüro“, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 290 Seiten. Hardcover, ISBN 3-87907-300-7.

Mit dem Band „Management im Ingenieurbüro“ bekommt die bereits in den Fachkreisen etablierte Reihe „Handbuch Ingenieurgeodäsie“, herausgegeben von Möser, M./Müller, G./Schlemmer, H. & Werner, H., eine ganz neue Dimension. Während in den übrigen Bänden die technischen Lösungen der ingenieurgeodätischen Aufgaben im Vordergrund standen, werden diesmal die organisatorischen Rahmenbedingungen für ihre Anwendung näher behandelt. Die erfolgreiche Betriebsführung bedeutet ein wirtschaftliches Handeln und erfordert deswegen neben dem eigentlichen Fachwissen auch ein Grundwissen im Vertrags-, Arbeits-, Steuerrecht usw. Obwohl zu dieser Thematik bereits mehrere Lehrbücher existieren, wurde von den Herausgebern der Buchreihe das erste Buch dieser Art von Geodäten und für Geodäten initiiert. Das insgesamt gelungene Werk wird seinem Anspruch gerecht. Die zahlreichen Beispiele, Tabellen und Mustervorlagen zu allen The-

menbereichen des Buches spiegeln unter anderem die eigenen sehr umfangreichen praktischen Erfahrungen des Verfassers wider, so dass auch für die weniger erfahrenen Leser die große Komplexität der Managementaufgaben verständlich wird.

Die technische Entwicklung bringt es mit sich, dass nahezu alle Vermessungsleistungen bei höherer Qualität mit weniger Personal in kürzerer Zeit erbracht werden müssen, als dieses in der Vergangenheit der Fall war. Obwohl diese stürmische Entwicklung noch längst nicht abgeschlossen ist, beeinflussen zurzeit zunehmend die Änderungen der politischen Rahmenbedingungen das Management. Kaum ein anderer Bereich der Ingenieurpraxis ändert sich gegenwärtig so schnell wie Steuer-, Honorar-, Kosten- und Vergabeordnungen. Der Vorzug dieses Buches besteht darin, dass neben dem ausführlich beschriebenen aktuellen Stand der Dinge auch die geplanten Änderungen stichpunktartig behandelt werden. Dank diesem gelungenen Konzept verliert das Buch nicht an Bedeutung, auch wenn die heute noch übliche Zersplitterung des Berufsfeldes in viele Bestellungen und Zulassungen durch Änderungen des europäischen Rechtes zunehmend beeinflusst wird oder der aktuelle Wissensstand schon während der Buchvorbereitung von bestimmten politischen Entscheidungen, wie z. B. der geplanten Novellierung der Honorarordnung, überholt wird.

In den vergangenen Jahren haben im gesamten Bausektor zahlreiche strukturelle Veränderungen stattgefunden. Eine von solchen Änderungen verbirgt sich hinter dem Begriff „Qualitätsmanagement“. Obwohl die Forderungen nach einheitlichen organisatorischen Standards in den sehr kleinen Vermessungsbüros nicht so deutlich zur Erscheinung kommen und die Qualitätsmerkmale im Vermessungswesen mit Ausnahme von der erforderlichen Genauigkeit oft kaum beschreibbar sind, wird diese Problematik im Buch auf mehr als 80 Seiten und wesentlich ausführlicher als andere Fragen des Managements behandelt. Diese Tatsache ist nur durch persönliche Vorliebe des Autors zum Thema zu erklären.

Obwohl sich das insgesamt gelungene Buch in erster Linie an Studierende richtet, bietet es auch für den fachkundigen Leser eine Fülle von Anregungen. So kann das Werk einem potenziellen Selbständigen helfen, sich und sein Umfeld zu prüfen. Der an konkreten Lösungen interessierte Praktiker sollte sich dagegen genau anschauen, ob der Inhalt seinen Erwartungen entspricht, da das Buch dieser Größe kaum als ein umfassender Ratgeber in so vielfältigen Bereichen wie Vertrags-, Arbeits- und Steuerrecht dienen kann.

BORIS RESNIK, Aachen

Vorankündigungen

2004

17.–19. Mai 2004: **Der X Faktor – Mehrwert für Geodaten und Karten**. Symposium Praktische Kartographie der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V. in **Königslutter** am Elm. Auskünfte: www.praktische-kartographie-dgfk.de oder Fax: 0511–646 3180 oder Tel.: 0511–647 9449 oder schriftlich an: B.J. HORST, Alter Mühlenkamp 26, 30659 Hannover.

22.–27. Mai: **FIG Working Week 2004: The Olympic Spirit in Surveying** in **Athen**, Griechenland. Auskünfte durch: Tel.: +30-210-329 16 17, Fax: +30-210-322 28 32 www.fig2004.gr/

24.–28. Mai: **ASPRS Annual Conference** in **Denver**, CO, USA. Auskünfte durch: ASPRS, Tel.: +1-301-493-0290, Fax: +1-301-493-0208, e-mail: asprs@asprs.org, www.asprs.org/denver2004.html

- 24./25. Mai: **Geodesy, Cartography, Cadastre in the Service of Russia in Moskau**. Auskünfte durch: Tel.: 7-95-261 6953, Fax: 7-95-276 4681, e-mail: yambaev@miigaik.ru, www.miigaik.ru
- 25.–27. Mai: 24th **EARSel Symposium in Dubrovnik**, Kroatien. Auskünfte durch: EARSel Secretariat, 2, avenue Rapp, 75340 Paris Cedex 07, France. e-mail: earsel@meteo.fr, www.earsel.org
- 28./29. Mai: **EARSel Workshop „Remote Sensing of Land Use & Land Cover“** in Dubrovnik, Kroatien. Auskünfte durch: Dr. Matthias Braun, Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche (ZFL), Universität Bonn, e-mail: sig-lulc@uni-bonn.de und Mme M. Godefroy, EARSel Paris, e-mail: earsel@meteo.fr <http://www.zfl.uni-bonn.de>
- 7.–9. Juni: 12th International Conference on Geoinformatics Geospatial Information Research: **Bridging the Pacific and Atlantic in Gävle**, Schweden. Auskünfte durch: Dr. Bin Jiang, Tel.: +46-26-64 89 01, Fax: +46-26-64 88 28, e-mail: bin.jiang@hig.se, www.hig.se/geoinformatics/
- 20.–23. Juni: ISPRS IC WG II/IV, 97th **Annual Canadian Institute of Geomatics Conference in Ottawa**, Kanada. Auskünfte durch: Kimberly Haddow, Tel.: +1-613-224 9851, Fax: +1-613-224 9577, e-mail: kimcig@magma.ca, www.cig-acsg.ca
- 28.–30. Juni: Workshop on **Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering in Nottingham**, England. Auskünfte durch: Dr. Gethin Roberts, e-mail: gethin.roberts@nottingham.ac.uk
- 1./2. Juli: Münsteraner GI-Tage 2004: **Geoinformation und Mobilität – „von der Forschung zur praktischen Anwendung“** in Münster. Auskünfte durch: Herrn Adam Sliwinski, Institut für Geoinformatik, Universität Münster, e-mail: info@gi-tage.de, Tel.: +49-251-83-30 103, <http://ifgi.uni-muenster.de>
- 10.–12. Juli: **ISPRS IC WG II/IV 5th Joint ICA/ISPRS/EuroGeographics Workshop on Incremental Updating and Versioning of Spatial Data Bases in Istanbul**. Auskünfte durch: Dr. Ammatzia Peled, Co-chair IC WG II/IV, Tel.: +972-4-8-240-148, Fax: +972-4-8-249-605, e-mail: peled@geo.haifa.ac.il und rjb@rjb-3d.com, <http://geo.haifa.ac.il/~icaupdt>
- 12.–23. Juli: XXth **ISPRS Congress – Geo Imagery Bridging Continents in Istanbul**. Auskünfte durch: Kongressdirektor Prof. M. Orhan Altan, Tel.: +90-212-285-3810, Fax: +90-212-285-6587, e-mail: oaltan@itu.edu.tr, www.isprs2004-istanbul.com
- 18.–25. Juli: 35th **COSPAR Assembly in Paris**. Auskünfte durch: COSPAR Secretariat, Tel.: +33-1-45 25 06 79, Fax: +33-1-40 50 98 27, e-mail: cospar@cosparhq.org und cospar@paris7.jussieu.fr, <http://www.cosparhq.org/>
- 2.–6. August: 15th International Symposium on **Earth Tides in Ottawa**, Kanada. Auskünfte durch: Prof. Dr. Shuzo Takemoto, e-mail: takemoto@kugi.kyoto-u.ac.jp www.eas.yorku.ca/ETS-2004/ets.html
- 23.–25. August: 11th International Symposium on **Spatial Data Handling (SDH 2004) in Leicester**, UK. Auskünfte durch: SDH 2004, e-mail: sdh2004@le.ac.uk, www.geog.le.ac.uk/sdh2004
- 25.–28. August: **EuroScience Open Forum 2004 in Stockholm**. Auskünfte durch: EuroScience, e-mail: info@esof2004.org www.esof2004.org/
- 25.–28. August: International Conference on **E-business and Telecommunication Networks (ICETE 2004) in Setubal**, Portugal. Auskünfte durch: ICETE Secretariat, e-mail: secretariat@icete.org; www.icete.org/
30. August–1. September: **DAGM'04 – 26th Pattern Recognition Symposium** Max Planck Institute for Biological Cybernetics and University of Tübingen, Germany, in

Tübingen. Auskünfte durch: <http://dagm.tuebingen.mpg.de>, e-mail: dagm@tuebingen.mpg.de, Tel.: +49-7071-601 551

7.–10. September: **RSPSoc2004 – Mapping and Resources Management in Aberdeen, UK.** Auskünfte durch: RSPSoc, e-mail: rspsoc@nottingham.ac.uk; www.rspsoc.org

15.–17. September: **24. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF** mit dem Leitthema »**Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation: Instrumentarium zur nachhaltigen Entwicklung von Landschaften**« in Halle/Saale. Auskünfte durch: Sekretär der DGPF, Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen, e-mail: wigge@ipi.uni-hannover.de und Frau Prof. Dr. Cornelia Gläßer, e-mail: glæsser@geographie.uni-halle.de

20.–24. September: **IEEE/IGARSS 2004 in Anchorage, USA.** Auskünfte durch: Dr. Bill Emery, e-mail: Emery@frodo.colorado.edu, <http://ewh.ieee.org/soc/grss/igarss.html>

21./22. September: **AgA-Tagung** „Arbeitsgruppe **Automation in der Kartographie** der DGfK“ im Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung der Stadt **Hamburg**. Auskünfte und Einreichung von Beiträgen: www.ikg.uni-hannover.de/ega

27.–30. September: 14th International Symposium on **Remote Sensing and Development** in **Damaskus**, Syrien. Auskünfte durch: GORS, Tel.: +963-11-221 8765, Fax: +963-11-391-0700, e-mail: gors@gors-syr.org, www.gors-syr.org

3.–6. Oktober: International Conference on **Laser-Scanner for Forest and Landscape Assessment – Instruments, Processing Methods and Applications** in **Freiburg** im Breisgau. Auskünfte durch: Institut für Waldwachstum und Abteilung für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme der Universität Freiburg, Tennenbacher Str. 4, 79106 Freiburg i. Br., Tel.: +49-761-203-3694, Fax: +49-761-203-3701
Prof. Dr. Barbara Koch, e-mail: Barbara.Koch@felis.uni-freiburg.de

Prof. Dr. Heinrich Spiecker, e-mail: instww@uni-freiburg.de
Michael Thies, e-mail: Michael.Thies@iww.uni-freiburg.de
www.natscan.de; www.felis.uni-freiburg.de
Deadline for abstracts of papers and posters: 1 May 2004.

3.–7. Oktober: **FIG Regional Conference for Asia and the Pacific in Jakarta**, Indonesien. Auskünfte durch: FIG Office, e-mail: fig@fig.net, www.ddl.org/figtree/events/events2004.htm

13.–15. Oktober: **INTERGEO 2004** in **Stuttgart**. Auskünfte durch: www.dvw.de und www.hinte-messe.de

13.–16. Oktober: **4th Trans Tasman Surveyors Conference** in **Auckland**, Neuseeland. Auskünfte durch: Fax: 64-9-528 1656, e-mail: surveyors2004@cmcevents.co.nz, www.conventions.co.nz

18.–21. Oktober: **5th African Association of Remote Sensing of the Environment (AARSE)** in **Nairobi**, Kenia. Auskünfte durch: AARSE 2004, Tel.: +254-2-80 2767, e-mail: rcmrd@rcmrd.org

18.–22. Oktober: **VIII International Earth Sciences Congress**, veranstaltet vom Military Geographic Institute of Chile in **Santiago de Chile**. Auskünfte: e-mail: cct2004@igm.cl, <http://www.igm.cl/Cct2004/English/index.htm>

18.–22. Oktober: **12th Australasian Remote Sensing & Photogrammetry Conference** in **Freemantle/Perth**, Australien. Auskünfte durch: Ken Dawbin, Tel.: +61-8-9387 0333, Fax: +61-8-9383 7142, e-mail: Ken.Dawbin@dli.wa.gov.au, www.rss.dola.wa.gov.au/12arspc/

19.–21. Oktober: International Conference on Radar Systems **RADAR 2004** in **Toulouse**, Frankreich. Auskünfte durch: SEE Congress Dept., Tel.: +33-1-56-90 37 05, Fax: +33-1-56-90 37 19, e-mail: congress@see.asso.fr, www.radar2004.org

4./5. November: International Symposium **Modern Technologies, Education & Professional Practice in Geodesy & Related Fields** in **Sofia**, Bulgarien. Auskünfte durch: Prof. Dr. Georgi Milev, Tel.: +35-92-987-58 52, Fax: +35-92-987-93 60, e-mail: milev@bas.bg, www.acstre-ma.tu-sofia.bg

15.–19. November: **XI Latinamerican Remote Sensing and Spatial Information System Symposium** in **Santiago**, Chile. Auskünfte durch: Carlos G. Pattillo, Co-Chair WG VI/4, Tel.: +562-334-3923, Fax: +562-946-0302, e-mail: Carlos.Pattillo@cprsig.cl, www.acstre-ma.tu-sofia.bg

18.–20. November: ISPRS WG V/6 International Workshop on **Processing & Visualization using High-Resolution Imagery in Pitsanulok**, Thailand. Auskünfte durch: Prof. Armin Gruen, Chair WG V/6, e-mail: agruen@geod.baug.ethz.ch und Dr. Sirirat Sanyong, Tel.: +66-55-261 000 ext. 1152, e-mail: siriratsy@hotmail.com, www.photogrammetry.ethz.ch/pitsanulok_workshop/index.html

22.–26. November: **ACRS 2004** in **Chiang Mai**, Thailand. Auskünfte durch: Dr. Suvit Vibulsresth, Tel.: +662-561-3035, e-mail: suvit@gistda.or.th, www.gistda.or.th, www.aars-acrs.org

2005

7.–11. Februar: **6th Barcelona Geomatic Week** in **Barcelona**, Spanien. Auskünfte durch: Lidia Gargallo, e-mail: info@ideg.es www.ideg.es/

20.–26. Februar: **13. Internationale Geodätische Woche** in **Obergurgl**, Tirol. Auskünfte durch: Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Institut für Geodäsie, Prof. Dr. Günter Chesi, Tel.: +43-512-507 6757 oder 6755, Fax: +43-512-507 2910, e-mail: geodaetischewoche@uibk.ac.at, http://geodasie.uibk.ac.at/geod_wo.html

7.–11. März: **ASPRS Annual Conference** in **Baltimore**, USA. Auskünfte durch: Tel.: +1-301-493 0290, Fax: +1-301-493 0208, e-mail: asprs@asprs.org, www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html

16.–21. April: **FIG Working Week 2005** and **XXVIII General Assembly** in **Cairo**, Ägypten. Auskünfte durch: FIG Office, Tel.: +45-38-86 1081, Fax: +45-38-86 0252, e-mail: fig@fig.net

9.–16. Juli: **XXII ICA International Cartographic Conference** in **A Coruña**, Spanien. Auskünfte durch: Global Congressos, Tel.: +34-981-20 8990, Fax: +34-981-20 8701, e-mail: secretary@icc2005.org, www.icc2005.org/html-eng/english.html

26.–30. September: **XX Symposium of CIPA**, the **ICOMOS & ISPRS Committee on Documentation of Cultural Heritage** in **Torino**, Italien. Auskünfte durch: ACTA Congresses and Events, Tel.: +39-11-59 1871, Fax: +39-11-59 0833, e-mail: info@actacongress.com, http://www.cipatorino2005.org

Zum Titelbild

IKONOS – Satellitenbild von Mosul



Auf diesem IKONOS – Satellitenbild von „Space Imaging“ ist ein Teil des Stadtgebietes von Mosul/Irak (570 000 E.) zu sehen, aufgenommen am 15. November 2000. Dargestellt ist der Stadtteil Al-Falah und seine

Umgebung mit besonderer Markierung der Gebäude der *Mosul Villa*, in der die Söhne von Saddam Hussein, Uday und Qusay, während des Krieges gegen den Diktator am 22.7.2003 getötet wurden.

Die aus Beton und Stein gebaute *Villa* mit Säulen im griechischen Stil liegt an einer achtspurigen Straße in einem dicht besiedelten Stadtteil mit einer großen Moschee auf der anderen Straßenseite. Die Geographischen Koordinaten der Villa sind: 36° 23' 26" N und 43° 10' 56" E.

IKONOS ist ein kommerzieller Satellit, der hoch auflösende Bilder der Erdoberfläche liefert mit 1 m Auflösung im panchromatischen Kanal und 4 m in den vier multispektralen Kanälen. Die radiometrische Auflösung mit 8–11 bit ist ebenfalls sehr hoch.

© Space Imaging

Datenvertrieb: European Space Imaging
<http://www.EuSpaceImaging.com>

Neuerscheinungen

HANS-GERD MAAS, ANDRE STREILEIN & GEORGE VOSSelman (Ed.), 2003: „3-D Reconstruction from Airborne Laserscanner and InSAR Data“. Proceedings of the ISPRS working group III/3 workshop Dresden, Germany, 8–10 October 2003. Vol. XXXIV, Part 3/W13. 236 S., DIN A4. Veröffentlicht vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, D-01060 Dresden. Buch und CD ROM sind zu beziehen von GITC bv, PO Box 112, 8530 AC Lemmer, The Netherlands, Fax: +31-514-56185. ISSN 1682-1750.

STEPHAN BOJINSKI, 2003: Imaging Spectroscopy of Aerosols using a Reference Spectrum Database. RSL Remote Sensing Labo-

ratories, Department of Geography, University of Zurich. Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zurich, Fax: 01-635 68 48. Remote Sensing Series 40. 86 pp., Paperback. ISBN 3-03703-006-2, CHF 25,-

BERNHARD HECK, 2003: Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung. 484 S., kart., Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. <http://www.huethig.de>, ISBN 3-87907-347-3. € 59,-

HORST NEUMANN, 2003: Handbuch Ingenieurgeodäsie: Management im Ingenieurbüro. 304 S., geb., Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg. <http://www.huethig.de>, ISBN 3-87907-300-7. € 82,-

Zeitschrift für Geomorphologie

Supplementbände

ISSN 0044-2798

Supplement volumes of Zeitschrift für Geomorphologie publish monographic material too extensive to be published as a "normal" paper in Zeitschrift für Geomorphologie, Main Volumes. This includes true monographs, thematic sets of paper, or the proceedings of relevant sessions held at international conferences.

- Band 130. **Glaciation and Periglacial in Asian High Mountains.**
Proceedings of the 5th International Conference on Geomorphology, Tokyo, Japan, August 23 to 28, 2001. Ed. on behalf of the International Association of Geomorphologists - IAG: **Margot Böse; Kazuomi Hirakawa; Norikazu Matsuoka; Takanobu Sawagaki.** 2003. VI, 276 pages, 155 figures, 18 tables, 15 photos, ISBN 3-443-21130-5, paperback
- Band 129. **South and Central American Rivers.**
Ed.: **Joanna Mossa; Edgardo Latrubesse; Avijit Gupta.** 2002. VI, 158 p., 75 figures, 22 tables, ISBN 3-443-21129-1 paperback, € 59.00
- Band 128. **Environmental change and geomorphology.**
Ed.: **Roland Baumhauer; Schütt Brigitta.** 2002. IV, 226 pages, 85 figures, 16 tables, 3 photos, ISBN 3-443-21128-3 paperback, € 79.00
- Band 127. **Late Quaternary Geomorphodynamics**
Ed.: **Karl-Heinz Schmidt; Thomas Vetter.** 2002. VI, 243 pages, 96 figures, 30 tables, 6 photos, ISBN 3-443-21127-5 paperback, € 74.00
- Band 126. **Research in Deserts and Mountains of Africa and Central Asia.** Dedicated to Jürgen Hövermann on the occasion of his 80th birthday). Ed.: **Frank Lehmkuhl; Detlev Busche; Bernd Wünnemann.** 2002. VI, 218 pages, 73 figures, 14 tables, 24 photos, ISBN 3-443-21126-7 paperback, € 74.00



Gebrüder Borntraeger

Auslieferung: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstr. 3A, 70176 Stuttgart, Tel. +49 (711) 351 456-0 Fax +49 (711) 351 456-99 <http://www.schweizerbart.de> mail@schweizerbart.de